

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

O-112/74

STRØM- OG SJIKTNINGSMÅLINGER I FRIERFJORDEN

Rapport nr. 2. Måleresultater mai-juni 1975

- Sammenfattende vurderinger

23. oktober 1975

Saksbehandler: cand.real. Jarle Molvær

Medarbeidere : Norman Green, B.A.

Tekn. assistent Frank Kjellberg

Skipsfører Einar I. Andersen

Instituttetsjef: Kjell Baalsrud

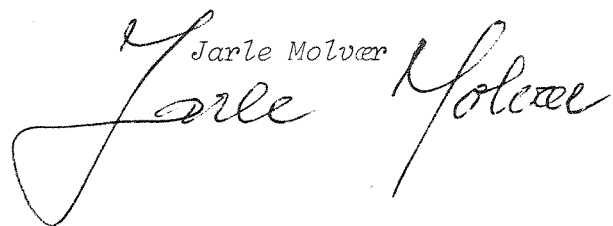
FORORD

Foreliggende rapport er utarbeidet etter oppdrag fra I/S Miljøplan som et ledd i vurderingen av utslippssted og innlagringsdyp for avløpsvann fra den planlagte petrokjemiske industri i Bamble.

Rapporten presenterer resultatene av de strøm- og sjiktningsmålingene Norsk institutt for vannforskning (NIVA) utførte i april-juni 1975. Disse resultatene er videre sammenholdt med resultatene fra en tilsvarende undersøkelse utført i februar-mars 1975.

Forsgrunn Havnevesen takkes for velvillighet ved leie av båt og annen hjelp ved gjennomføring av undersøkelsene.

Blindern, 23.10.1975

Jarle Molvær  


## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
FIGURFORTEGNELSE	4
1. INNLEDNING	7
1.1 Formål med undersøkelsene	7
1.2 Generell beskrivelse av Frierfjordens topografi og vannmasser	8
2. VÅR- SOMMERSITUASJONEN 1975	8
2.1 Ferskvannstilførsel	8
2.2 Utført feltarbeid	9
2.3 Vurdering av måleresultatene	10
2.3.1 Hydrografi	10
2.3.2 Strømkorsmålinger	11
2.3.3 Pendelstrømmålinger	13
2.3.4 Resultater fra de selvregistrerende strømmålerne	16
3. SAMMENFATTENDE KONKLUSJONER	20
3.1 Lagdeling	20
3.2 Strømforhold	22
4. REFERANSER	25
FIGURER	

FIGURFORTEGNELSE

- Figur 1 Område for resipientundersøkelse av Skiensvassdragets fjordområder
- Figur 2 Langsgående dybdesnitt Frierfjorden - Langesundsbukta
- Figur 3 Ukemidler av vannføring ved Skotfoss januar 1972-juli 1975
- Figur 4 Hydrografiske stasjoner i utslippsområdet
- Figur 5 Stasjoner for pendelstrømmålinger
- Figur 6 Stasjoner for utsetting av strømkors 23/5 1975
- Figur 7 Stasjoner for selvregistrerende strømmålere
- Figur 8a St. H2. Vertikal tetthetsfordeling ( $\sigma_t$ ) februar-juni 1975
- Figur 8b St. H2. Vertikal temperaturfordeling ( $^{\circ}\text{C}$ ) februar-juni 1975
- Figur 8c St. H2. Vertikal saltholdighetsfordeling ( $^{\circ}/\text{oo}$ ) februar-juni 1975
- Figur 9a St. CD-1 og st. H11. Vertikal tetthetsfordeling ( $\sigma_t$ ) februar-juni 1975
- Figur 9b St. CD-1 og St. H11. Vertikal temperaturfordeling ( $^{\circ}\text{C}$ ) februar-mai (CD-1) og juni (H11) 1975
- Figur 9c St. CD-1 og st. H11. Vertikal saltholdighetsfordeling ( $^{\circ}/\text{oo}$ ) februar-mai (CD-1) og juni (H11) 1975
- Figur 10 St. H5. Tykkelse av brakkvannslag og sprangsjikt februar-juni 1975
- Figur 11 St. BC-1. Vertikal tetthetsfordeling ( $\sigma_t$ ) mars 1974-juli 1975

- Figur 12 St. H2. Temperaturvariasjoner februar-juni 1975
- Figur 13 St. CD-1 og st. H11. Temperaturvariasjoner februar-mai (CD-1) og juni (H11) 1975
- Figur 14 Strømkorsmålinger i Frierfjorden 23/5 1975. Kors i 2 m dyp
- Figur 15 Strømkorsmålinger i Frierfjorden 23/5 1975. Kors i 9 m og 15 m dyp
- Figur 16 Vannstand ved Herøya 22-23/5 1975
- Figur 17 St. P3, 15/5 1975, kl. 1605. Strømretning og hastighet i måledypene
- Figur 18 St. P5, 15/5 1975, kl. 1100. Strømretning og hastighet i måledypene
- Figur 19 St. P8, 15/5 1975, kl. 0925. Strømretning og hastighet i måledypene
- Figur 20 St. P11, 15/5 1975, kl. 1115. Strømretning og hastighet i måledypene
- Figur 21 St. P3, 15/5 1975, kl. 1605. Måling av strøm og saltholdighet. Strøm dekomponert langs  $90^{\circ}$  (+) -  $270^{\circ}$  (-)
- Figur 22 St. P5, 15/5 1975, kl. 1100. Måling av strøm og saltholdighet. Strøm dekomponert langs  $160^{\circ}$  (+) -  $340^{\circ}$  (-)
- Figur 23 St. P8, 15/5 1975, kl. 0925. Måling av strøm og saltholdighet. Strøm dekomponert langs  $160^{\circ}$  (+) -  $340^{\circ}$  (-)
- Figur 24 Måling av strøm på st. P11, 15/5 1975, kl. 1115. Strøm dekomponert langs  $150^{\circ}$  (+) -  $330^{\circ}$  (-). Måling av saltholdighet på st. P10, 14/5 1975
- Figur 25 Vertikal strømprofil (cm/s) ved st. P1-P3, 15/5 1975. Strøm mot  $90^{\circ}$  positiv, strøm mot  $270^{\circ}$  negativ

- Figur 26 Vertikal strømprofil (cm/s) ved st. P4-P6, 15/5 1975. Strøm mot  $160^{\circ}$  positiv, strøm mot  $340^{\circ}$  negativ
- Figur 27 Vertikal strømprofil (cm/s) ved st. P7-P9, 15/5 1975. Strøm mot  $160^{\circ}$  positiv, strøm mot  $340^{\circ}$  negativ
- Figur 28 Vertikal strømprofil (cm/s) ved st. P10-P12, 15/5 1975. Strøm mot  $150^{\circ}$  positiv, strøm mot  $330^{\circ}$  negativ for st. P11-P12. St. P10 dekomponert langs  $180^{\circ}$  (+) -  $360^{\circ}$  (-)
- Figur 29 Vertikal strømprofil (cm/s) ved st. P14-P15, 15/5 1975. Strøm mot  $185^{\circ}$  positiv, strøm mot  $005^{\circ}$  negativ
- Figur 30 Strømmålinger utenfor Tråk 20/2-18/3 1975
- Figur 31 Transport (%) i sektorer på  $10^{\circ}$  utenfor Tråk 20/2-18/3 1975
- Figur 32 Strømmålinger utenfor Tråk 21/5-26/6 1975
- Figur 33 Strømmålinger utenfor Åsstranda 21/5-26/6 1975
- Figur 34 Strømmålinger utenfor Asdalstangen 21/5-26/6 1975
- Figur 35 Transport (%) i sektorer på  $10^{\circ}$  utenfor Tråk, Åsstranda og Asdalstangen 21/5-26/6 1975

## 1. INNLEDNING

### 1.1 Formål med undersøkelsene

I møte hos Hydro Engineering den 6/12 1974, med deltakere fra Norsk Hydro A.S, Statens forurensningstilsyn, I/S Miljøplan, Norsk Teknisk Byggekontroll A.S og NIVA, var det enighet om at innlagring under brakkvannslaget er en nærliggende disponeringsmåte for alle former for avløpsvann fra de petrokjemiske anlegg i Bamble (I/S Miljøplan 1974).

Det var videre enighet om at for enkelte typer avløpsvann der kunnskapene om omsetning og nedbrytning er utilstrekkelige bør tilstrebes innlagring i intermediære vannlag på en måte som sikrer størst mulig fortynning og lengst mulig oppholdstid av de forurensende stoffer innen disse fraktes ut av Frierfjorden. Dette er ønskelig for å beskytte de utenforliggende fjordområder mot ytterligere forurensning.

Formålet med strøm- og sjiktningundersøkelsene har dermed vært å fremskaffe de nødvendige data for å oppnå innlagring av avløpsvann, samt kartlegge strømforholdene i utslippsområdet med sikte på å finne egnede utslippssteder og utslippsdyp.

Undersøkelsene ble inndelt i to faser. Fase 1 besto av undersøkelser av strøm- og hydrografiske forhold utenfor utslippsområdet under en vintersituasjon, februar-mars 1975. Videre ble det utarbeidet en oversikt over tidligere utførte hydrografiske undersøkelser i Frierfjordområdet samtidig som gjennomføringen av fase 2: undersøkelse av strømforhold og lagdeling i Frierfjorden under en vår- sommersituasjon ble vurdert. Fase 1 munnet ut i en rapport (NIVA 1975b).

Foreliggende rapport er skrevet for å:

1. Gi en oversikt over undersøkelsene utenfor Rafnes mai-juni 1975.
2. Gi en samlet vurdering av datamaterialet fra undersøkelsens fase 1 og fase 2.

## 1.2 Generell beskrivelse av Frierfjordens topografi og vannmasser

Frierfjorden (se figur 1) består av et 2-3 km bredt fjordbasseng med største dyp ca. 98 m. I sør smalner det av og har forbindelse med de utenforliggende fjordområder gjennom Brevikstrømmen med minste dyp ca. 23 m og bredde ca. 220 m. Et langsgående dybdesnitt av Frierfjorden og de utenforliggende fjordområder er vist i figur 2.

Frierfjordens vannmasser er karakterisert av et nesten ferskt, hurtig strømmende overflatelag av varierende tykkelse (1-7 m tykt), og et overgangslag (sprangsjikt) som skiller overflatelaget fra et underliggende intermediært lag. Det intermediære vannlaget når vanligvis ned til ca. 30 m, og under dette ligger det oftest stagnante dypvannet. Fjordens tilførsel av ferskvann fra Skienselva er i middel ca. 300 m<sup>3</sup>/s.

En til flere ganger om året vil vannmasser fra de ytre fjordområder kunne trenge over terskelen ved Brevik og inn i Frierfjorden. Disse vannmassene oppblandes i mer eller mindre grad med vannmassene i fjorden og innlagres det dyp hvor de har samme tetthet som de omkringliggende vannmasser. Dette skjer oftest i det intermediære vannlag, men med ujevne mellomrom (1-3) år går det innstrømmende vannet helt til bunnen av fjorden og fornyer dermed dypvannet.

Det utstrømmende brakke overflatelag transporterer også sjøvann ut av fjordsystemet. Dette kompenseres av en inngående strøm av sjøvann under brakkvannslaget.

For en mer detaljert beskrivelse av Frierfjordens vannmasser og strømforhold vises til Rapport 1 (NIVA 1975b).

## 2. VÅR- SOMMERSITUASJONEN 1975

### 2.1 Ferskvannstilførsel

Vannføringen i Skienselva i tidsrommet januar-juli 1975 var preget av en noe høyere vintervannføring enn vanlig de senere år og en kortvarig, men markert vårflom i mai (figur 3) med maksimal vannføring på ca. 550 m<sup>3</sup>/s.



## 2.2 Utført feltarbeid

### Hydrografi

De hydrografiske prøvetakingsstasjonene i utslippsområdet (figur 4) er blitt tatt 23/4 1975, 14/5 1975 og 10/6 1975.

Vannføringen i Skienselva målt ved Skotfoss var da henholdsvis  $235 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $554 \text{ m}^3/\text{s}$  og  $194 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Under juni-toktet ble st. H11 brukt som hydrografisk stasjon i stedet for H8. På de hydrografiske stasjonene ble det i en rekke dyp (0, 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40 m osv. til bunn) tatt vannprøver for bestemmelse av temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold.

Under de hydrografiske tokt ble temperatur og saltholdighet også målt med nedsenkbar sonde på 7-10 av salinotermstasjonene (figur 4), avhengig av de eksisterende sjiktningsforholdene i området. En del salinotermstasjoner ble også tatt under pendelstrømmålingene 15/5 1975. Det ble målt i hver meter fra overflaten til 10 m, annen hver meter mellom 10 og 20 m, og hver femte meter mellom 20 og 30 m dyp.

### Strømmålinger

Den 15/5 1975 målte NIVA strøm med pendelstrømmålere på stasjonene P1-P16 (se figur 5). En del av stasjonene ble tatt to ganger. Vannføringen i Skienselva målt ved Skotfoss var da  $550 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ved st. H5 (se figur 4) ble dessuten målt strøm under de hydrografiske tokt i april og juni. Under juni-toktet målte man også strøm ved st. H9 og st. H11.

De planlagte strømkorsmålingene ble utført 23/5 1975. Femten strømkors ble satt ut, fordelt på fem stasjoner (se figur 6). Måledypene var 2, 9 og 15 m.

Strømkorsenes posisjon ble bestemt med en laser avstandsmåler som var plassert på øvre Ringsholme (figur 6).

Vannføringen ved Skotfoss var da  $354 \text{ m}^3/\text{s}$ . Under målingene blåste det nord-vestlig laber til frisk bris.

Den 21/5 1975 ble 7 selvregistrerende strømmålere satt ut i Frierfjorden, fordelt på tre stasjoner, se figur 7. Strømmålerne ble tatt opp 26/6 1975. Måledypene er angitt i tabell 1. Vannføringen i Skienselva for dette tidsrommet varierte mellom  $125 \text{ m}^3/\text{s}$  og  $465 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tabell 1 Målested og måledyp for selvregistrerende strømmålere i tidsrommet 21/5-26/6 1975

Målested	Måledyp		
Tråk	5 m	10 m	20 m
Åsstranda	5 m	10 m	
Asdalstangen		10 m	20 m

## 2.3 Vurdering av måleresultatene

### 2.3.1 Hydrografi

Figurene 8-9 viser den vertikale tetthetsfordelingen ved stasjonene H2 og CD-1/H11 under toktene i februar-juni 1975. Vannets (egenvekten) er fremstilt ved størrelsen  $\sigma_t$  der

$$\sigma_t = (\rho - 1) \cdot 1000$$

og  $\rho$  er vannets egenvekt.

Måledata fra st. CD-1 og st. H11 er vist på samme figur idet de foretatte målingene tyder på at det ikke er større forskjeller mellom temperatur- og tetthetsforholdene på de to stasjonene. Målingene ved st. H2 er også representative for forholdene ved st. H5.

Det fremgår av figurene at overflatelagets tetthet og tykkelse har variert betydelig over måleperioden, noe som i hovedsaken skyldes variasjoner i Skienselvas vannføring samt vekslende vindforhold under toktene. Sprangsjiktets vertikale beliggenhet viser tilsvarende variasjoner, og det nådde ned til 8 m dyp i mai 1975, figur 10.

Mellom sprangsjiktet og ca. 25 m dyp har også foregått store tetthetsvariasjoner. Disse skyldes dels vekslende temperatur og saltholdighet i den estuarine motstrømmen og dels en innstrømming av salt og kaldt vann over terskelen i mars-april 1975. Denne type innstrømminger antas å inntreffe i løpet av våren de fleste år. En slik større innstrømming med fornyelse av Frierfjordens dypvann skjedde i mars-april 1974, (NIVA 1975a), en fornyelse av de intermediære vannlag foregikk i tidsrommet oktober 1974-januar 1975 og en ny mindre dypvannsfornyelse skjedde altså i mars-april 1975 (figur 11),

Temperaturvariasjonene ved st. H2 og i området ved st. H11 og st. CD-1 er vist på figurene 8b, 9b og 12-13. Man ser hvordan vinteravkjølingen forplanter seg nedover mot dypet hvor det i 20-30 m dyp lå et temperaturmaksimum etter oppvarmingen av vannmassene sommeren 1974. Dette temperaturmaksimumet ble fjernet under innstrømmingen i mars-april 1975, og erstattet av kaldt dypvann (6,5-7 °C).

Videre fremgår av samme figurer at sprangsjiktet, og dels også den svakere sjiktningen i det intermediære vannlag, har virket hindrende for avkjølingen.

I tidsrommet mai-juni har det foregått en sterk oppvarming av de øverste 12-14 m av vannmassen.

Den vertikale saltholdighetsfordeling ved st. H2 og i området ved st. H11 og st. CD-1 i tidsrommet februar-juni 1975 er vist på figurene 8c og 9c.

Saltholdigheten i overflatelaget har for begge områder variert i området ca. 1-5%. I det intermediære vannlag har saltholdigheten ligget innen ca. 23-33 ‰, og i dypvannet mellom 33 ‰ og 34 ‰.

De vertikale saltholdighetsprofiler følger nær tilsvarende tetthetsprofiler.

### 2.3.2 Strømkorsmålinger

Figurene 14-15 viser banene strømkorsene fulgte under målingene. Korsene ble satt ut ved lavvann og tatt opp etter hvert som de kom utenfor måleområdet, eller av andre grunner. De siste korsene ble tatt opp ved høyvann ca. kl. 16.30. (Vannstand målt ved Herøya, figur 16.)

I tabell 2 er korsenes midlere hastighet beregnet.

Tabell 2 Midlere hastighet på strømkorsene 23/5 1975

Kors	Dyp	Satt ut	Tatt opp	Tilbakelagt distanse	Midlere hastighet
	m			m	cm/s
A	2	0930	1235	3600	33
D	2	0935	1603	4300	18
H	2	0940	1414	3300	20
L	2	0945	1553	4600	25
M	2	0947	1619	3900	16
C	9	0930	1128 <sup>x</sup>	300	4
F	9	0935	1340	460	3
J	9	0940	1335	370	3
N	9	0945	1330	370	3
P	9	0947	1320	290	2
B	15	0930	1358 <sup>x</sup>	580	4
E	15	0935	1622	1630	7
I	15	0940	1546	2200	12
G	15	0945	1626	2400	12
K	15	0947	1617	2100	11

X : grunnstøtt

Korsene i 2 m dyp (figur 14) har befunnet seg i brakkvannslaget som var ca. 5 m tykt, og banene viser hvordan dette strømmer fra Skiens- elvas munningsområde over mot Bamblelandet og stort sett ledes ut fjorden på denne siden.

Det er bemerkelsesverdig at de tre innerste strømkorsene (A, D og H) fulgte baner som gikk mellom nedre Ringsholme og land, idet sundet her er bare 1-3 m dypt. Sundets posisjon relativt til avstandsmåleren på øvre Ringsholme tillot ikke nøyaktig posisjonsbestemmelse i dette området. Man har dermed heller ikke grunnlag for å beregne korsenes hastighet her, men den var trolig ganske stor, i størrelsesorden 20-40 cm/s. Interessant er det også å se hvordan korsene A (etter ny utsetting) og M beveget seg tvers over søndre del av Frierfjorden for så å svinge sørover i en avstand av ca. 400 m fra land. De to korsene krysset fjorden under stigende vannstand, mens tidevannet fremdeles var på vei inn fjorden, noe som kan ha bidratt til å svinge korsene over i østlig retning. Tidspunktene for at korsene igjen svingte mot sør var like før høyvann, og tidevannets påvirkning av korsene var da følgelig mindre. Dette indikerer at brakkvann fra vestsiden av Frierfjorden i dette området kan strømme over til østsiden av fjorden og noen ganger videre nordover langs land på denne siden.

Korsene i 2 m dyp har alle hatt relativt stor hastighet. For enkelte kors har også hastigheten variert mye. Til eksempel holdt kors D en midlere hastighet på ca. 46 cm/s i tidsrommet kl. 1012-1104. Laveste midlere hastighet over en 40 minutters periode for kors D var ca. 9 cm/s. Tilsvarende, men mindre hastighetsvariasjoner, gjør seg gjeldende for de andre korsene i 2 m. Variasjonsmønsteret synes i stor grad å falle sammen med variasjonene i tidevannsstrømmens styrke og retning.

Korsene i 9 m dyp (figur 15) beveget seg svært langsomt, og strømbanene er vanskeligere å tolke. Korsene har trolig havnet i kompensasjonsstrømmen under sprangsjiktet, og deres bevegelse er derfor et resultat av brakkvannsstrømmens drag i overflatemarkøren og kompensasjonsstrømmens drag i strømkorset.

Strømkorsene i 15 m dyp (figur 15) har i hovedsaken fulgt samme baner som korsene i 2 m dyp, noe som trolig må tilskrives brakkvannsstrømmens drag i overflatemarkørene.

### 2.3.3 Pendelstrømmålinger

Resultatene av pendelstrømmålingene som ble utført 15/5 1975 er vist i figurene 17-29. Det må presiseres at figurene viser øyeblikkssituasjoner som i noen grad vil endres av varierende vindforhold, ferskvannstilførsel og tidevann. Den 15/5 var det høyvann ca. kl. 08 og kl. 2030, og lavvann ca. kl. 0130 og kl. 14.

En detaljert fremstilling av variasjonene i strømretning og hastighet med dypet er gitt for st. P3, P5, P8 og P11 i figurene 17-20. På figurene er strømmens retning og styrke i de forskjellige måledyp fremstilt ved piler. Pilenes lengde er et mål for strømstyrken og deres retning angir strømretningen.

Vi ser at det opptrer store variasjoner i retning og strømstyrke fra måledyp til måledyp.

For st. P3, P5 og P8 er strømkomponenten normalt på tverrsnittene plottet sammen med den vertikale saltholdighetsfordeling (figurene 21-23). Strømretning ut fjorden er valgt som positiv. Stasjon P11 er dekomponert langs retningen  $150^{\circ}$  (+) -  $330^{\circ}$  (-), figur 24.

Med unntak av st. P3, som lå i en bakevje, var brakkvannsstrømmen i hovedsaken utgående på alle disse stasjoner. Under sprangsjiktet var strømstyrkene svakere og retningene mer varierende fra stasjon til stasjon, som også vist på figur 21-24, men på de fleste stasjoner opptrer en estuarin motstrøm i varierende omfang og styrke under sprangsjiktet.

Figur 25 viser resultatet av strømmålinger på tverrsnittet st. P1-P3 mellom Rafnes og Balsøya. Snittet går i nord-sør retning og figuren viser strømkomponenten normalt på dette. Retning  $90^{\circ}$  (ut Herrebukta) regnes som positiv, retning  $270^{\circ}$  (inn i Herrebukta) regnes som negativ. Snittet ble tatt mens tidevannet var på vei inn fjorden og figuren viser et komplisert strømsystem hvor det i brakkvannslaget synes å være en hvirvel med relativt sterk inngående strøm langs Rafneslandet, og en utgående svakere strøm langs Balsøylandet.

Ved st. P1-P2 var den innstrømmende vannmassen delt i flere lag av "kiler" med utstrømmende vann. Disse kilene har liten vertikal utstrekning, som trolig vil variere med tiden.

Figur 26 viser at strømforholdene ved snitt P4-P6 har flere felles trekk med snitt P1-P3. Den inngående brakkvannsstrømmen har imidlertid mindre vertikal og horisontal utbredelse, og har lavere hastighet. Dette kan skyldes at snittet ble tatt ved lavvann.

Kilen av innstrømmende vann i 4-6 m dyp på snitt P4-P6 lå betydelig grunnere enn for snitt P1-P3, og hadde mindre vertikal utstrekning.

Utenfor st. P5 syntes ikke de topografiske effekter (bakevje) fra land å gjøre seg særlig gjeldende og strømsystemet var enklere, med utstrømmende brakkvann over et innstrømmende sjøvannslag.

Fra st. P4 til st. P4 forflytter øvre grense for den dype inngående strømmen seg nedover fra ca. 6 m til ca. 12 m. Dette kan tyde på en viss oppstuvning av brakkvannsstrømmen mot land.

Utenfor Tråk (figur 27) var motstrømmen i overflaten nær land borte, og strømbildet betydelig enklere enn utenfor Rafnes.

Figuren viser en utgående strøm i overflatelag og sprangsjikt over innstrømmende sjøvann. Det er verdt å merke seg at den utgående strømmen strekker seg ned til 10-13 m dyp, altså ned i sjøvannsmassen. Den inngående sjøvannsstrømmen synes å ha sin største hastighet utenfor st. P7, dvs. mer midtfjords.

Resultatet av strømmålingene ved tverrsnittene i området øvre Ringsholmen - Asdalstangen er vist på figurene 28-29.

Ved snitt P10-P12 (figur 28)(tatt ved lavvann) er måleresultatene for st. P11-P12 dekomponert i retningen  $150^{\circ}(+) - 330^{\circ}(-)$ , og for st. P10 i retningen  $180^{\circ}(+) - 360^{\circ}(-)$  og viser at den utgående brakkvannsstrømmen hadde en merkert hovedtyngde på vestsiden av fjorden. På østsiden av fjorden var strømmen i overflatelag og sprangsjikt rettet inn fjorden, med unntak av en tynn kile av utstrømmende vann i ca. 3-6 m dyp. På st. P11-P12 lå strømmen inn fjorden som en estuarin motstrøm i 6-10 m dyp (sprangsjiktet).

Under motstrømmen i sprangsjiktet, ned til 20-25 m dyp, gikk strømmen fortsatt ut fjorden. Dypere nede ble registrert langsomme strømmer med usikker retning.

Ved snittet av st. P14-P16 lenger sør (figur 29, strøm dekomponert i  $185^{\circ}$  (+) -  $005^{\circ}$  (-)) hadde brakkvannsstrømmen sine høyeste hastigheter på østsiden av fjorden, noe som tyder på at sentrum av brakkvannsstrømmen har krysset fjorden mellom de to tverrsnittene. Målingene ble gjort mellom kl. 1400 og kl. 1530, dvs. ved innstrømmende tidevann. I motsetning til snitt P10-P12 fantes ingen typisk motstrøm i sprangsjiktet, selv om antydning til en slik ses på st. P15. Her var heller ingen inngående overflatestrøm på fjordens østside.

I de dypere vannlag, under 20-25 m, var det vesentlig inngående strøm, med hastigheter opp til ca. 8 cm/s. Dette var trolig innstrømmende tidevann.

#### 2.3.4 Resultater fra de selvregistrerende strømmålerne

Vintersituasjonen. Bearbeidelsen av målingene utenfor Tråk (figur 7) i perioden februar-mars 1974, ble ikke tidsnok ferdig til å kunne bli fremlagt i Rapport 1 (NIVA 1975b). Målerresultatene blir derfor fremlagt her.

Figur 30 viser fordelingen av henholdsvis strømretning og strømhastighet i måledypene 2 m, 7 m og 15 m. Både i 2 m og 7 m (nedre del av sprangsjiktet) var strømmen i alt vesentlig rettet ut fjorden.

I 7 m dyp har det imidlertid opptrådt kortere perioder med inngående strøm, og det kan bemerkes at pendelstrømmålingene som ble utført 14/2 1975 ble utført under en slik periode (se eks. figur 25 i Rapport 1 NIVA 1975b).

I 15 m dyp har strømretningen i hovedsaken variert innen intervallet  $270^{\circ}$ - $360^{\circ}$ , dvs. inn fjorden.

I figur 31 er fremstilt volumtransporten gjennom en enhetsflate, transportprosenten, i sektorer på  $10^{\circ}$ . Transportprosenten er beregnet som

$$\text{Fluks (\%)} = \frac{\bar{v}_i \cdot n_i \cdot 100}{\bar{v}_{\text{tot}} \cdot N}$$

hvor  $\bar{v}_i$  = middelhastigheten i sektoren ( $i = 1, 2, \dots, 36$ ).

$n_i$  = antall observasjoner i  $i$ .

$\bar{v}_{\text{tot}}$  = middelhastighet uansett retning.

$N$  = totalt antall observasjoner.



Av samme figur fremgår at retningen av volumtransporten svarer til de dominerende strømretninger.

I tabell 3 er vist middelstrøm samt styrke og retning av reststrømmen i hvert måledyp.

Tabell 3 Middelstrøm og reststrøm utenfor Tråk 20/2-18/3 1975

Måledyp m	Middelstrøm hastighet cm/s	Reststrøm	
		Hastighet cm/s	Retning
2	10.3	9.9	125°
7	5.5	2.9	121°
15	2.4	1.5	294°

Forskjellen mellom middelstrømmens og reststrømmens hastighet er et mål for hvor stabil strømmen har vært i reststrømmens retning. Strømmen i 2 m dyp har vært meget stabil, mens strømretningen i 7 m og 15 m dyp har vært noe mindre stabil. Dette fremgikk også av figur 30a.

En spektralanalyse<sup>x)</sup> av måleseriene påviste to dominerende perioder på ca. 12,5 timer (det halvdaglige tidevann) og ca. 24-25 timer. Energi pr. masseenheter for disse periodiske bevegelsene og deres hovedretninger er vist i tabell 4.

Tabell 4 Energi og retning for 12,5 timers og 24-25 timers periodisiteter ved Tråk 20/2-18/3 1975

Dyp m	Perioder timer	Energi cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Retning
2	12,5	0,47	326°-146°
	24-25	0,08	255°-075°
7	12,5	1,30	330°-150°
	24-25	0,01	360°-180°
15	12,5	0,44	318°-138°
	24-25	0,04	012°-192°

x) En spektralanalyse er en matematisk behandling av måleseriene hvorved man beregner den energi pr. masseenheter forskjellige periodiske bevegelser har tilført vannmassene.

Av tabell 4 fremgår at det halvdaglige tidevannet var sterkest i sprangsjiktet og under dette. I alle måledyp var 24-25 timers perioden ubetydelig relativt til tidevannet. Tidevannets retning var i alle måledyp noenlunde parallelt med land.

Vår- sommer-situasjonen. Mai-Juni. Figur 32 viser fordeling av henholdsvis strømretning og strømhastighet i 5, 10 og 20 m dyp utenfor Tråk under måleperioden 21/5-26/6 1975.

Det fremgår av figuren at strømmen i alle måledyp det meste av tiden har vært rettet ut fjorden. Flest registreringer av inngående strøm har vært i 10 m dyp, dvs. i det dyp hvor man ville vente å finne den estuarine motstrømmen.

Det samme kommer også til uttrykk i figur 35 som viser volumtransporter (i prosent) i sektorer på  $10^{\circ}$ .

Målingene i 5 m dyp ved Åsstranda (figur 7) viser en konsentrasjon om retningene  $0-30^{\circ}$ ,  $90-100^{\circ}$  og  $150-280^{\circ}$  (figur 33). Volumtransporten har vært konsentrert om retningene  $0-60^{\circ}$  og  $180-270^{\circ}$  (figur 35), med en overvekt i nord-nordøstlig retning.

I 10 m dyp på samme sted var forholdene i hovedsaken de samme (figur 33) med strømretning konsentrert i områdene  $350-50^{\circ}$  og  $180-300^{\circ}$ . Av figur 35 ses at transporten var konsentrert om de samme retninger.

Ved Asdalstangen (figur 7) har strømmens retning i både 10 m og 20 m dyp vært konsentrert om  $120^{\circ}-180^{\circ}$  og ca.  $300^{\circ}-010^{\circ}$  (figur 34). Volumtransporten har for begge måledyp vært noenlunde likt fordelt om disse to retningene.

Middelstrøm og reststrøm ved de tre målestedene er fremstilt i tabell 5.

Tabell 5 Middelstrøm og reststrøm utenfor Tråk, Åsstranda og Asdalstangen 21/5-26/6 1975

Stasjon	Måledyp m	Middelstrøm Hastighet cm/s	Reststrøm	
			Hastighet cm/s	Retning
Tråk	5	5.9	2.5	131°
	10	3.5	0.9	134°
	20	1.7	0.5	67°
Åsstranda	5	5.5	1.2	349°
	10	4.1	0.8	304°
Asdalstangen	10	4.7	0.5	199°
	20	3.0	0.7	53°

Forskjellen mellom middelstrømmen og reststrømmen er som nevnt et mål for hvor stabil strømmen har vært i reststrømmens retning. Som ventelig var, opptrer de største avvik i dyp hvor strømmen har fordelt seg på to eller flere hovedretninger.

Som for tidsrommet februar-mars viste en spektralanalyse av måle-seriene at de dominerende periodene var det halvdaglige tidevann (12,5 timer) og en 24-25 timers periode. Energi pr. masseenheter og hovedretning for disse periodiske bevegelsen er beregnet og vist i tabell 6.

Tabell 6 Energi og retning for 12,5 og 24-25 timers periodisiteter ved Tråk, Åsstranda og Asdalstangen 21/5-26/6 1975

Dyp m	Periode timer	Tråk		Åsstranda		Asdalstangen	
		Energi cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Retning	Energi cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Retning	Energi cm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup>	Retning
5	12,5	0,64	328°-148°	2,94	015°-195°		
	24-25	0,64	328°-148°	1,31	016°-196°		
10	12,5	0,82	314°-134°	1,41	020°-200°	4,61	333°-156°
	24-25	0,12	310°-130°	0,54	005°-185°	1,36	334°-154°
20	12,5	0,03	305°-125°			0,06	303°-123°
	24-25	0,02	020°-200°			0,79	345°-165°

Med unntak av Asdalstangen, 20 m dyp, var det halvdaglige tidevann på alle stasjoner og måledyp betydelig større enn 24-25 timers perioden. Tidevannsstrømmene i 20 m dyp synes å være meget svakere enn i 5 m og 10 m dyp.

Tidevannsenergien i 10 m dyp ved Asdalstangen var klart sterkere enn i tilsvarende dyp på de andre stasjonene, noe som etter alt å dømme skyldes at fjordens tverrsnittsareal her er relativt lite.

Sammenholdt med måledataene fra Tråk er tidevannsenergien ved Åsstranda klart større. Dette tyder på at tidevannet fra ytre fjord holder seg mest på østre side av Frierfjorden.

Det er bemerkelsesverdig at 24-timers perioden i 20 m dyp ved Asdalstangen var så markert større enn den halvdaglige tidevannskomponenten av strømmen. Grunnen til dette er uviss, men en mulig årsak kan være at indre bølger med ca. 24 timers periode genereres ved Brevikterskelen og forplanter seg innover i Frierfjorden. Den drivende kraft kan være periodiske variasjoner i vindens retning og styrke i området.

### 3. SAMMENFATTENDE KONKLUSJONER

#### 3.1 Lagdeling

- a. Frierfjordens vannmasser har gjennom hele året en markert lagdeling og kan grovt inndeles i fire lag. Øverst ligger et nesten ferskt, hurtig strømmende overflatelag av varierende tykkelse (1-7 m) som er skilt fra et underliggende intermediært lag av et overgangslag. Det intermediære lag når vanligvis ned til 30 m og under dette ligger det oftest stagnante dypvannet (figurene 8-10).

Tettheten i overflatelaget (gitt som  $\sigma_t$ -enheter) varierer i området 1-3. For det intermediære vannlag varierer tettheten i området 20-26  $\sigma_t$ -enheter og tettheten i dypvannet varierer i området 26-27  $\sigma_t$ -enheter.

Overflatelagets tetthet bestemmes av fjordens ferskvannstilførsel, innblanding av sjøvann fra det underliggende sjøvannslag og i mindre grad av påvirkningen fra vind og bølger. Innblanding av sjøvann skjer i hovedsaken i Skienselvas munningsområde og i Brevikstrømmen (Brækken 1966).

Tettheten i det intermediære vannlag blir i noen grad direkte påvirket av disse faktorene, men vil i hovedsaken variere med tettheten av vannmasser som strømmer inn over terskelen ved Brevik, enten som tidevann, estuarin motstrøm eller kortvarige terskeloverskyllinger, figur 11.

Dypvannets tetthet bestemmes av tettheten av de vannmasser som vanligvis med ett til to års mellomrom strømmer over terskelen ved Brevik og helt eller delvis skifter ut dypvannet i Frierfjorden, figur 11.

- b. Overflatelagets tykkelse varierer i hovedsaken med fjordens ferskvannstilførsel (se figur 10 i denne rapport, samt figur 3 i Rapport 1 NIVA 1975b). Ved liten ferskvannstilførsel ( $50-100 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kan overflatelaget være 1-2 m tykt. I flomsituasjoner ( $500-800 \text{ m}^3/\text{s}$ ) kan tykkelsen øke til 6-7 m. Overflatelagets tykkelse vil også øke eller avta med styrke og varighet av vind som blåser henholdsvis inn fjorden og ut fjorden.

Saltholdigheten i overflatelaget øker lite fra Skienselvas munningsområde til Brevik. I disse to områder skjer imidlertid en betydelig innblanding av sjøvann i overflatelaget.

- c. Sprangsjiktet danner overgangen mellom det brakke overflatelaget og det underliggende sjøvann. Dypet for dets øvre grense vil variere med overflatelagets tykkelse.

Som det fremgår av figur 10 i denne rapport, samt figur 3 i Rapport 1 (NIVA 1975b), varierer sprangsjiktets tykkelse mellom ca. 1,5 m og 4 m. Dataene tyder på at det vanligvis har sin største tykkelse ved høye og lave vannføringer.

Vindens drag på overflatelaget vil imidlertid kunne bidra til å endre dette i gitte situasjoner.

Som det fremgår av figur 8 og 9 viser sprangsjiktet varierende skarphet ved vekslende ferskvannstilførsel. Mest markert er det når denne er stor, men sjiktningens skarphet vil kunne avta under påvirkning av bølger på overflaten.

- d. Det intermediære vannlag strekker seg som allerede nevnt fra nedre del av sprangsjiktet og vanligvis ned til 25-35 m dyp. Laget har stort sett god forbindelse med vannmassene utenfor Brevikterskelen gjennom tidevannsstrømmen, den estuarine motstrøm og tilfeldige terskeloverskyllinger. Etter større dypvannsfornyelser i Frierfjorden kan imidlertid rester av det gamle oksygenfattige/hydrogensulfid-holdige dypvannet bli liggende i 15-30 m dyp i flere måneder (NIVA 1975a). Under slike større dypvannsfornyelser som synes å inntreffe med 1-3 års mellomrom, vil imidlertid det intermediære vannlag forsvinne for en kort tid og vannmassen har nær samme tetthet fra 10-12 m dyp og til bunnen av fjorden.

### 3.2 Strømforhold

- a. Resultatene av strømmålingene mellom Rafnes og Balsøya (st. P1-P3, figur 5 og figur 7) tyder på at det her periodevis fins en hvirvel med inngående strøm langs Rafneslandet og utgående strøm ved Balsøya. Denne sirkulasjonen blir primært drevet av den energien vannmassene fra Skienselva tilfører fjordsystemet, og vil derfor variere i intensitet med denne. Således representerer trolig målingene utført den 15/5 1975 et noenlunde realistisk bilde av forholdene under en flomsituasjon (figur 25). Den inngående strømmen rakk da ned i 10-20 m dyp.

På grunn av færre måledata mellom Rafnes og Balsøya fra tidsrommet februar-mars 1975 har man dårligere grunnlag for å vurdere strømforholdene under en vintersituasjon. De tilgjengelige data tyder

imidlertid på at en liknende hvirvel eksisterte i brakkvannslaget i dette tidsrommet også (se figur 20 og figur 23 i NIVA 1975b). Ved dette tidspunktet ble det imidlertid ikke påvist inngående overflatestrøm på st. P6, noe som kan ses i sammenheng med at fjordens ferskvannstilførsel da var betydelig mindre (ca.  $260 \text{ m}^3/\text{s}$  ved Skotfoss) enn i mai 1975.

- b. Utenfor Tråk (st. P7-P9, figur 5 og figur 7) har strømmens hovedretninger i alle dyp stort sett vært rettet langs land, enten ut eller inn fjorden. Dybden av overflatestrømmen varierer med ferskvannstilførselen til fjorden og de meteorologiske forhold, men målingene tyder på at den utgående strømmen oftest rekker under sprangsjiktets nedre grense (7-10 m dyp).

Under dette dyp ligger den estuarine motstrømmen, som synes å ha stor vertikal utbredelse, ned til 20-30 m dyp. Resultatene indikerer at motstrømmen er svakere under perioder med stor ferskvannstilførsel til fjorden enn ved mindre vannføringer i Skienselva. Dette skyldes trolig at den meget sterke lagdelingen som oppstår under flomsituasjonen, skaper tilsvarende stor stabilitet i sprangsjiktet og dermed virker hindrende på den vertikale transport (medrivning og turbulent diffusjon) av sjøvann opp i overflatelaget. Dette framgår også av Carstens (1970).

- c. I området mellom Ringsholmene og Asdalstangen (st. P10-P12, st. P14-P16, figur 5) tyder strømmålingene på at overflatestrømmen går over på østsiden av fjorden idet den deler seg. Noe av brakkvannet tar veien nordover langs fjordens østside (se figur 28) mens resten fortsetter ut fjorden. Denne utgående strømmen har sitt sentrum på østsiden av fjorden.

Den utgående strøms nedre grense har man dårlig datamateriale for å vurdere, men det er grunn til å tro at den i hovedsaken varierer som for Tråk, dvs. ned til 8-10 m. Figur 29 viser imidlertid at den til tider kan nå ned til 15-20 m dyp.

Måleresultatene fra selvregistrerende strømmålere på samme sted viser videre at strømmen under sprangsjiktet gjennomgikk store variasjoner i retning og hastighet. Transporten har vært noenlunde jevnt fordelt mellom nordlig og sydlig retning i både 10 m og 20 m dyp. Reststrømmene var svake i begge måledyp (tabell 5).

- d. Både i februar og i mai påviste pendelstrømmålinger utenfor Åsstranda (st. P13, figur 5) at overflatestrømmen gikk i nordlig retning.

Resultatene fra de selvregistrerende strømmålerne på samme sted i tidsrommet mai-juni, viste at transporten både i sprangsjiktet (5 m dyp) og i 10 m dyp i hovedsaken har vært fordelt om retningene nordøst-sørvest med en liten netto transport i nordlig retning. Sammenholdt med måleresultatene ved st. P10-P12 (figur 28), samt tidligere utførte strømmålinger utenfor Herøya som har påvist overflatestrømmer i nordvestlig retning, tyder dette på at overflatevannet i Frierfjorden deltar i en delvis lukket sirkulasjon med sørgående strøm langs fjordens vestsida og nordgående strøm langs fjordens østside. Også vannmasser under sprangsjiktet synes å delta i denne sirkulasjonen.

- e. En undersøkelse av periodiske bevegelser i vannmassene (spektral-analyse) har vist at det halvdøglige tidevann (12,5 timer) er den dominerende perioden. I tillegg opptreer en 24-timers periodisk bevegelse som er ganske svak, med unntak av 20 m dyp ved Asdalstangen.

Både ved Tråk, Åsstranda og Asdalstangen har tidevannsstrømmene i hovedsaken gått parallelt med nærmeste land og har vært sterkest fra sprangsjiktet og ned til ca. 20 m (fjordens terskeldyp). Tidevannsstrømmene ved Tråk var klart svakere enn på de to andre målestedene.



#### 4. REFERANSER

BRÆKKEN, A., 1966:

Hydrografiske undersøkelser i Frierfjorden.

Hovedfagsoppgave i geografi (limnologgi), Universitetet i Oslo, høsten 1966. Det mat.nat.fak. sekretariat, Blindern. Stensilert, 175 s (upubl.).

CARSTENS, T., 1970:

Turbulent diffusion and entrainment i two-layer flow.

Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE 96 (WW1).  
Proc. Paper 8081: 97-104.

I/S MILJØPLAN, 1974:

Referat fra møte mellom I/S Miljøplan, NIVA, Norsk Hydro a.s, Statens forurensningstilsyn og Norsk Teknisk Byggekontroll A.S den 6.12.1974, av Paul Liseth. Desember 1974.

NIVA, 1975a:

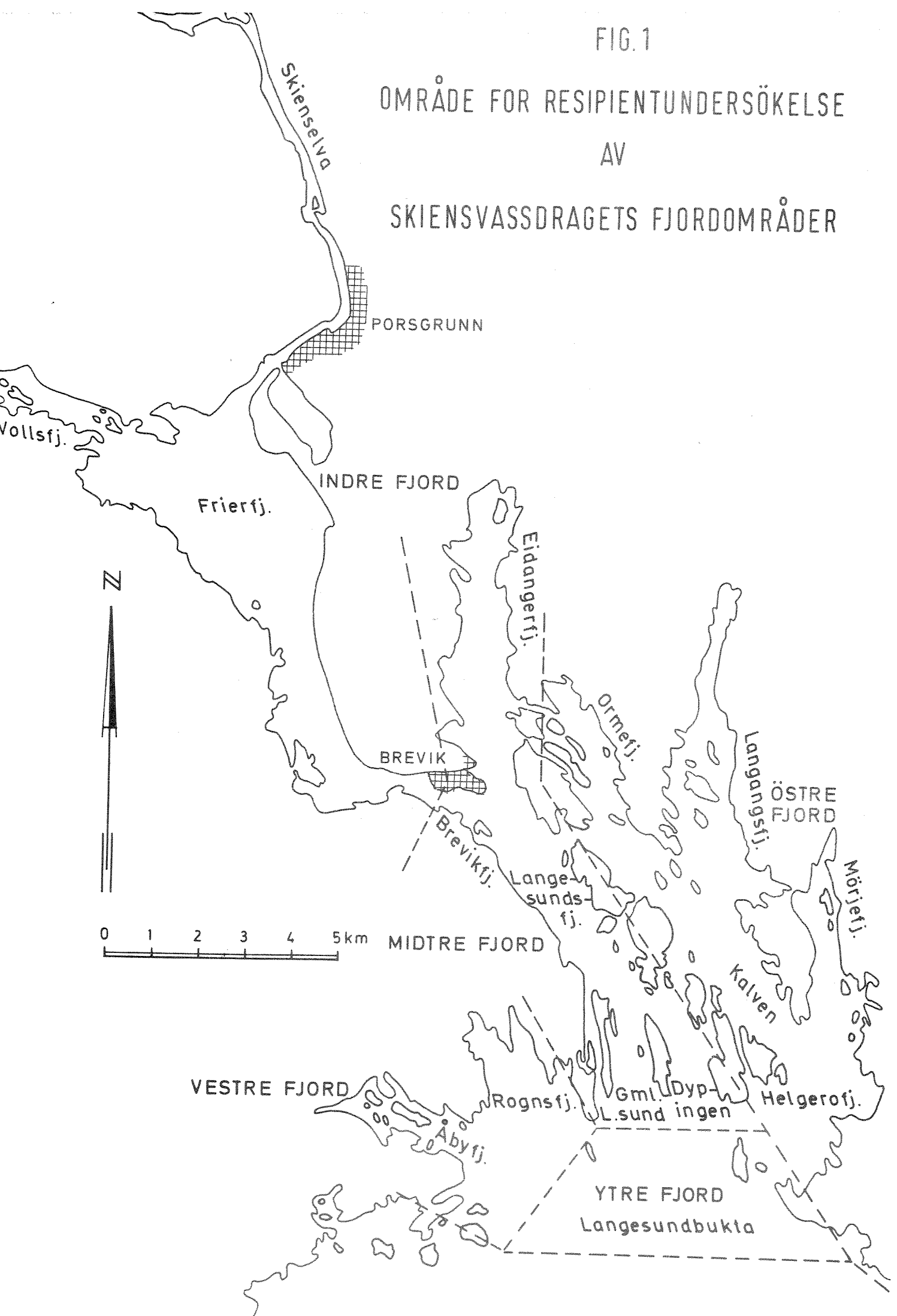
O-111/70. Resipientvurderinger av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport 2. Fremdriftsrapport for undersøkelsen mars 1974-februar 1975. (Saksbehandler: Jarle Molvær.) Stensilert 22 s. + figurer. April 1975.

NIVA, 1975b:

O-112/74. Strøm- og sjiktningsmålinger ved Rafnes, Bamble. Rapport 1. Tidligere undersøkelser - Rapport fra fase 1, vintersituasjonen. (Saksbehandler: Jarle Molvær.) Stensilert 18 s. + figurer. Mai 1975.

FIG. 1

OMRÅDE FOR RESIPIENTUNDERSÖKELSE  
AV  
SKIENSVASSDRAGETS FJORDOMRÅDER



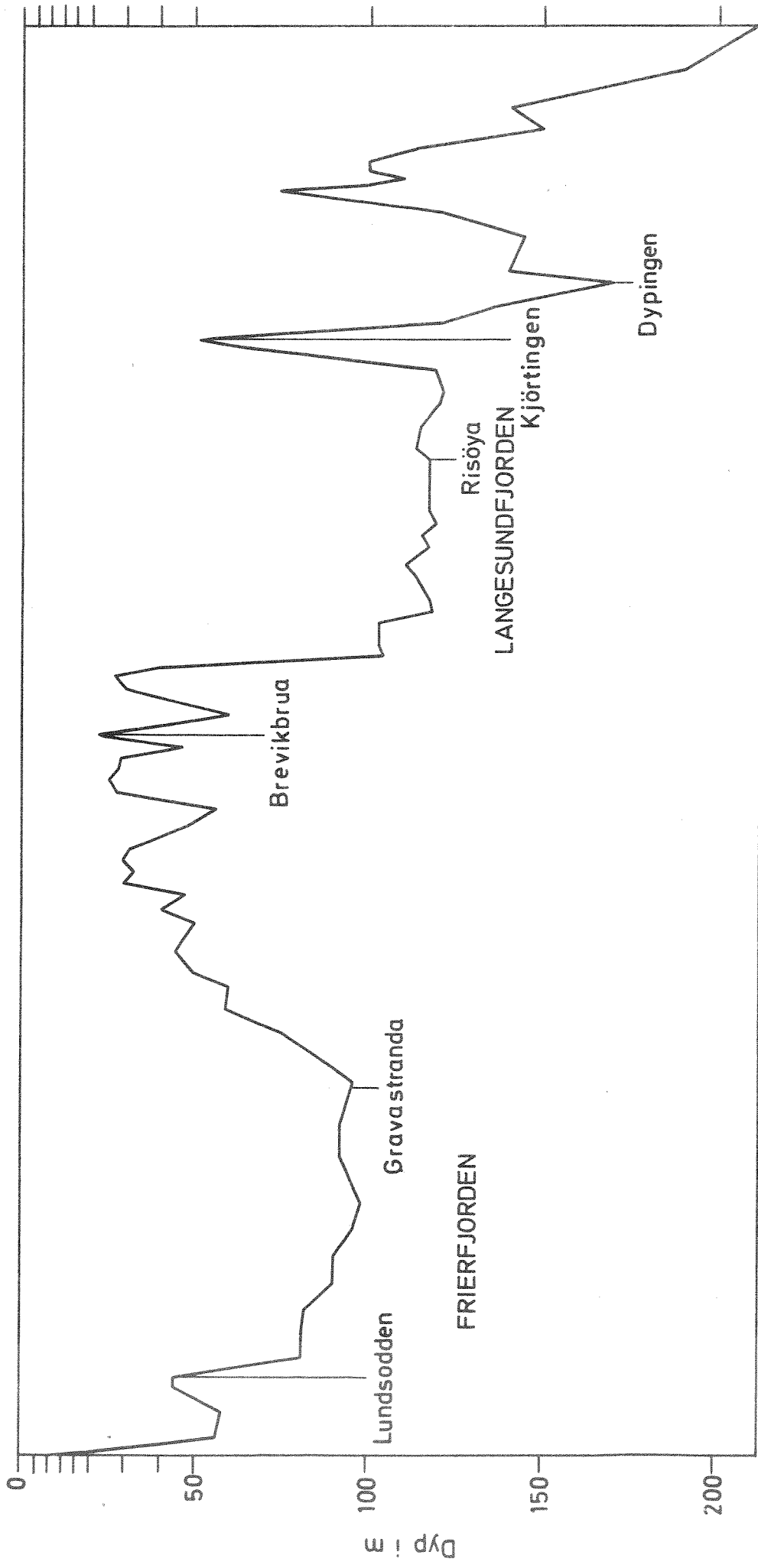


Fig.2 Langsgående dybdesnitt Frierfjorden - Langesundsbukta

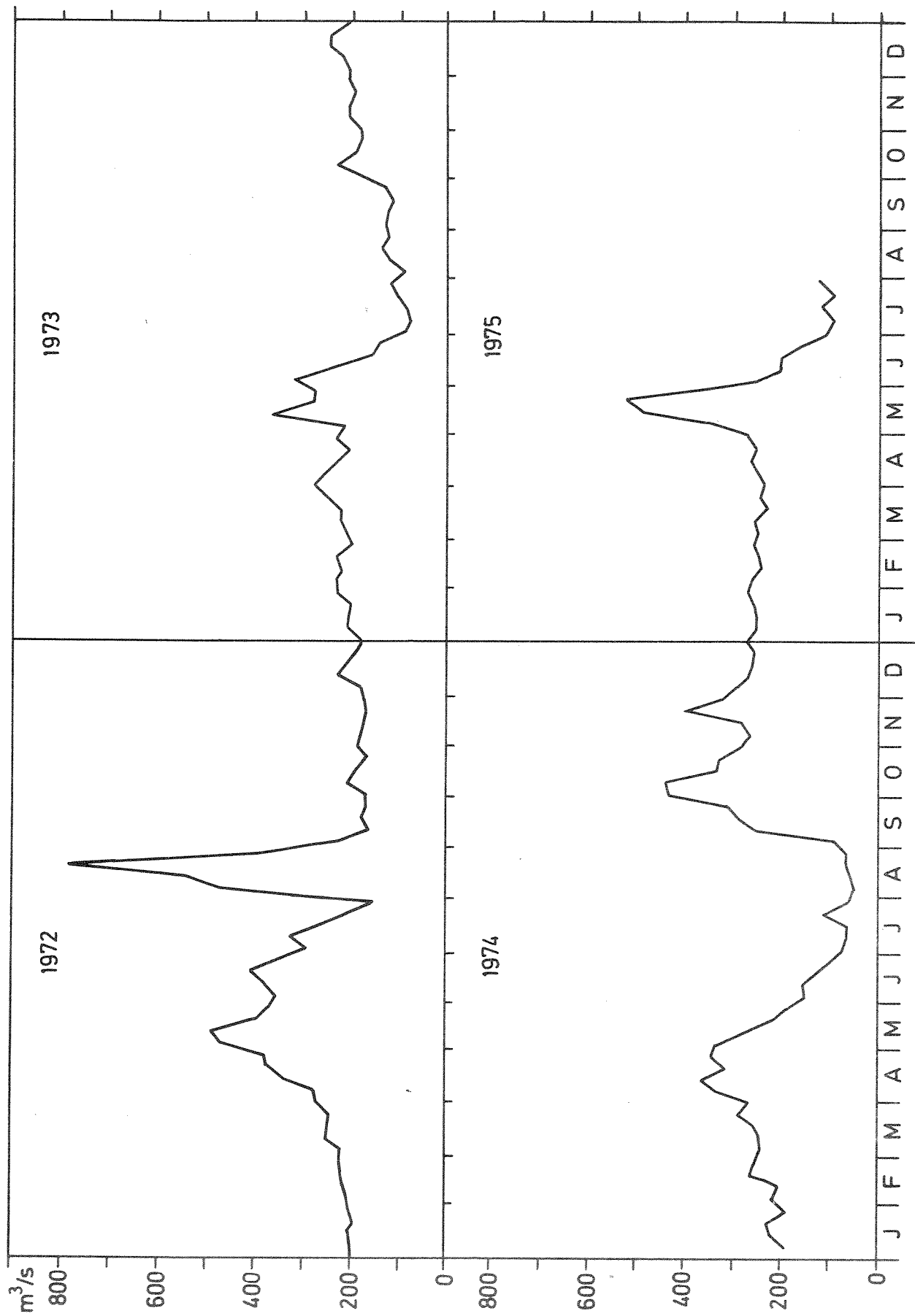


Fig.3 Ukevidler av vannføring ved Skotfoss januar 1972 - juli 1975

Fig.4 Hydrografiske stasjoner i utslippsområdet

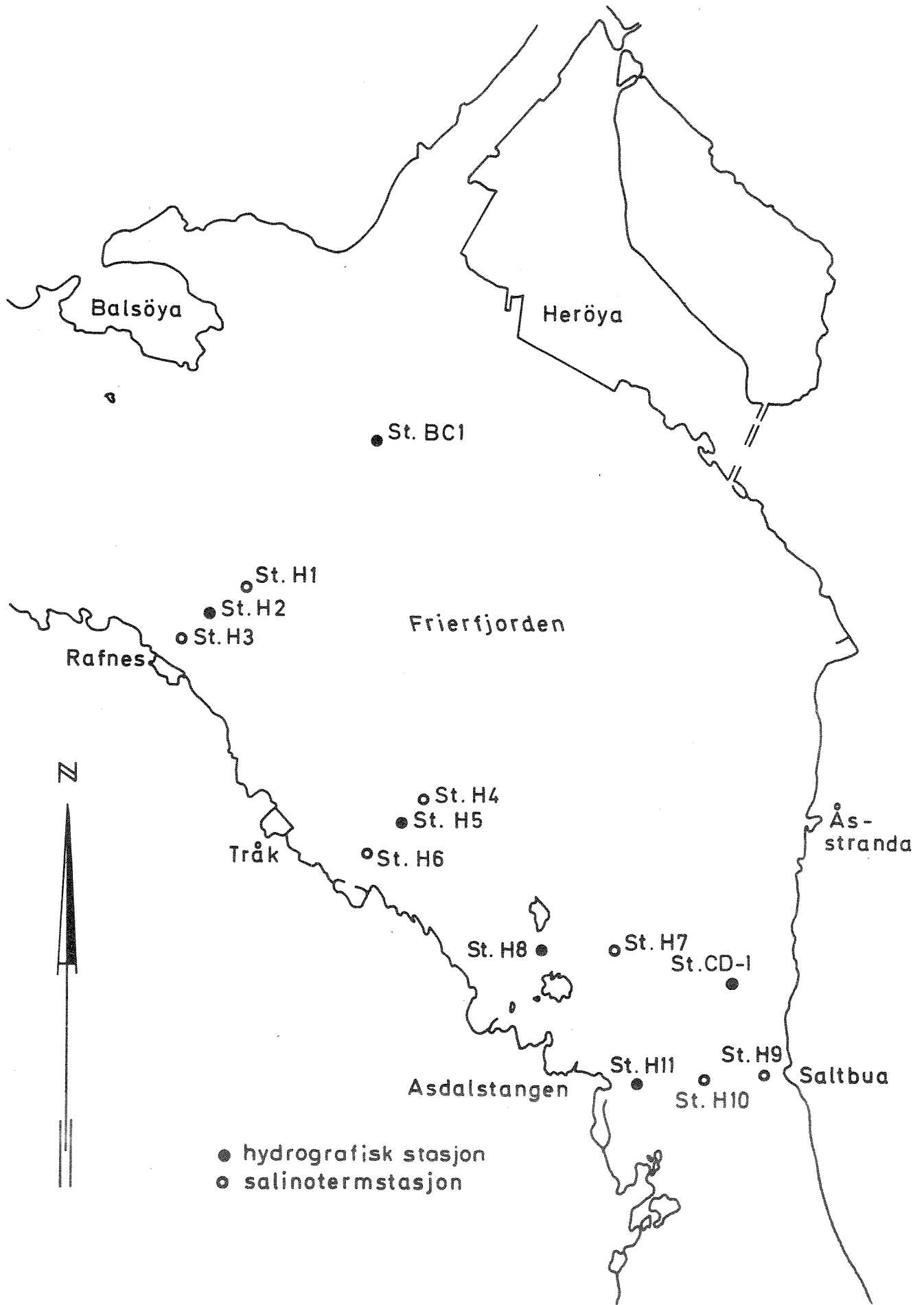
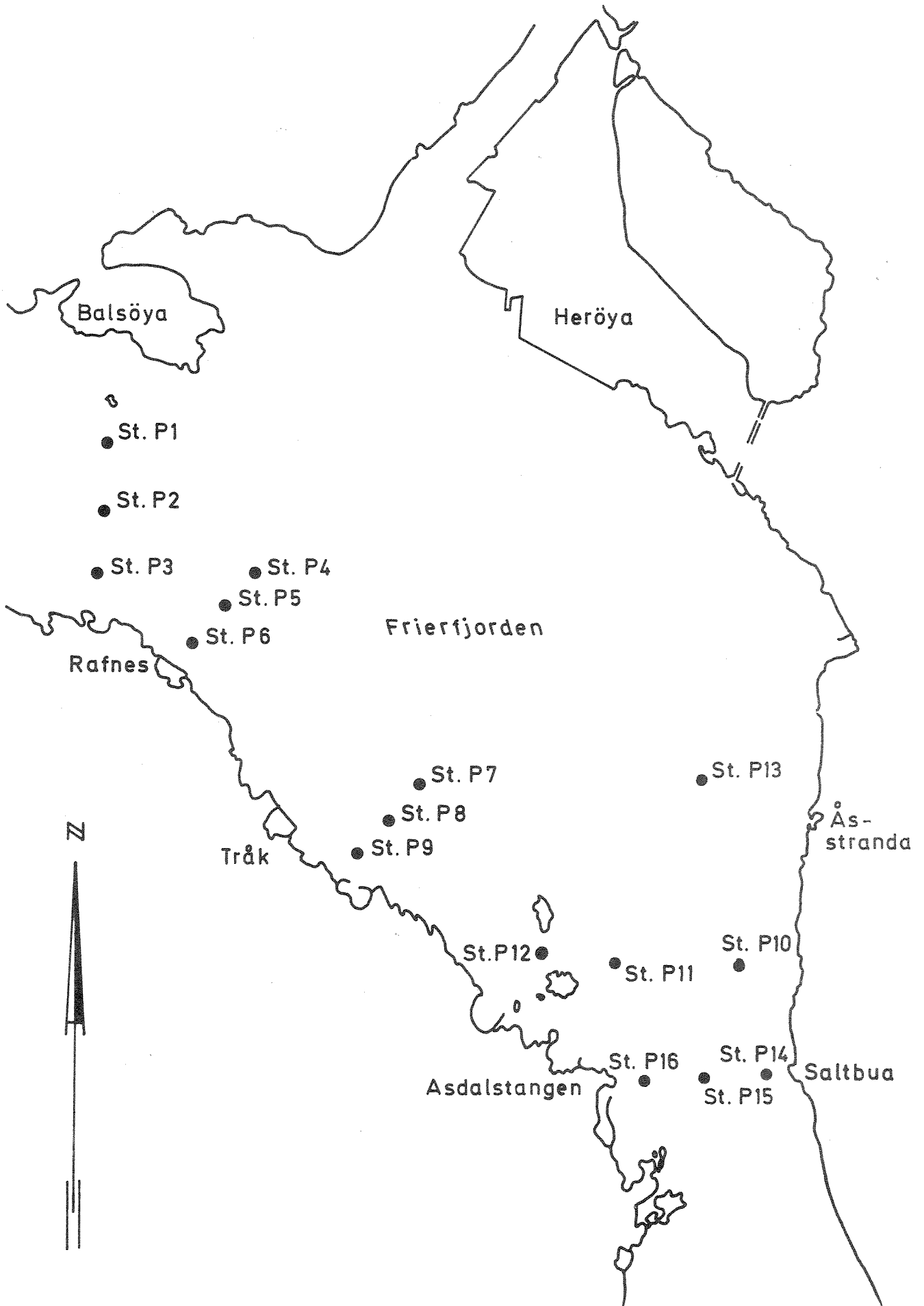


Fig.5 Stasjoner for pendelstrømmålinger



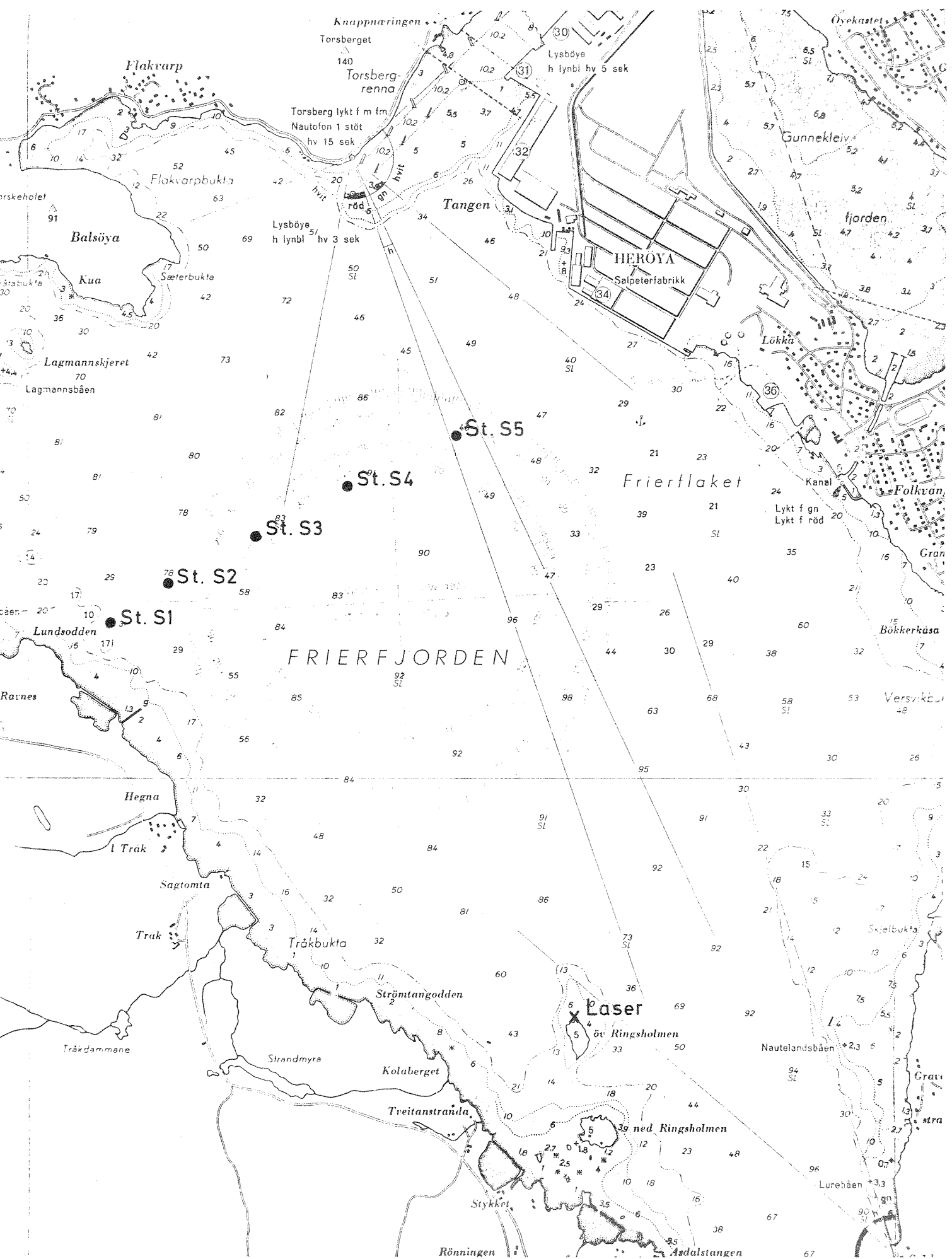


Fig.6 Stasjoner for utsetting av strømkors 23/5 1975





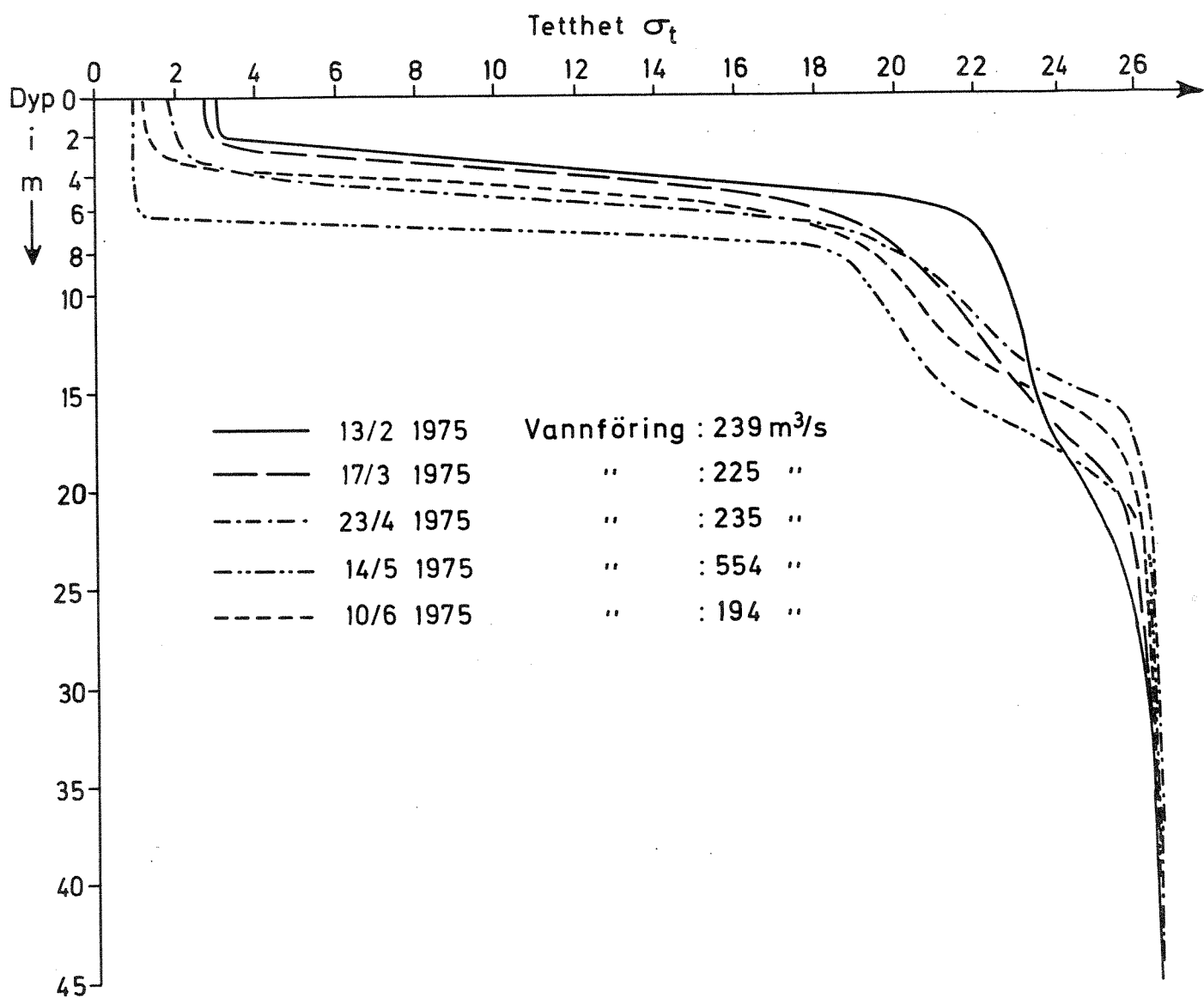


Fig.8a St. H2. Vertikal tetthetsfordeling ( $\sigma_t$ ) februar-juni 1975

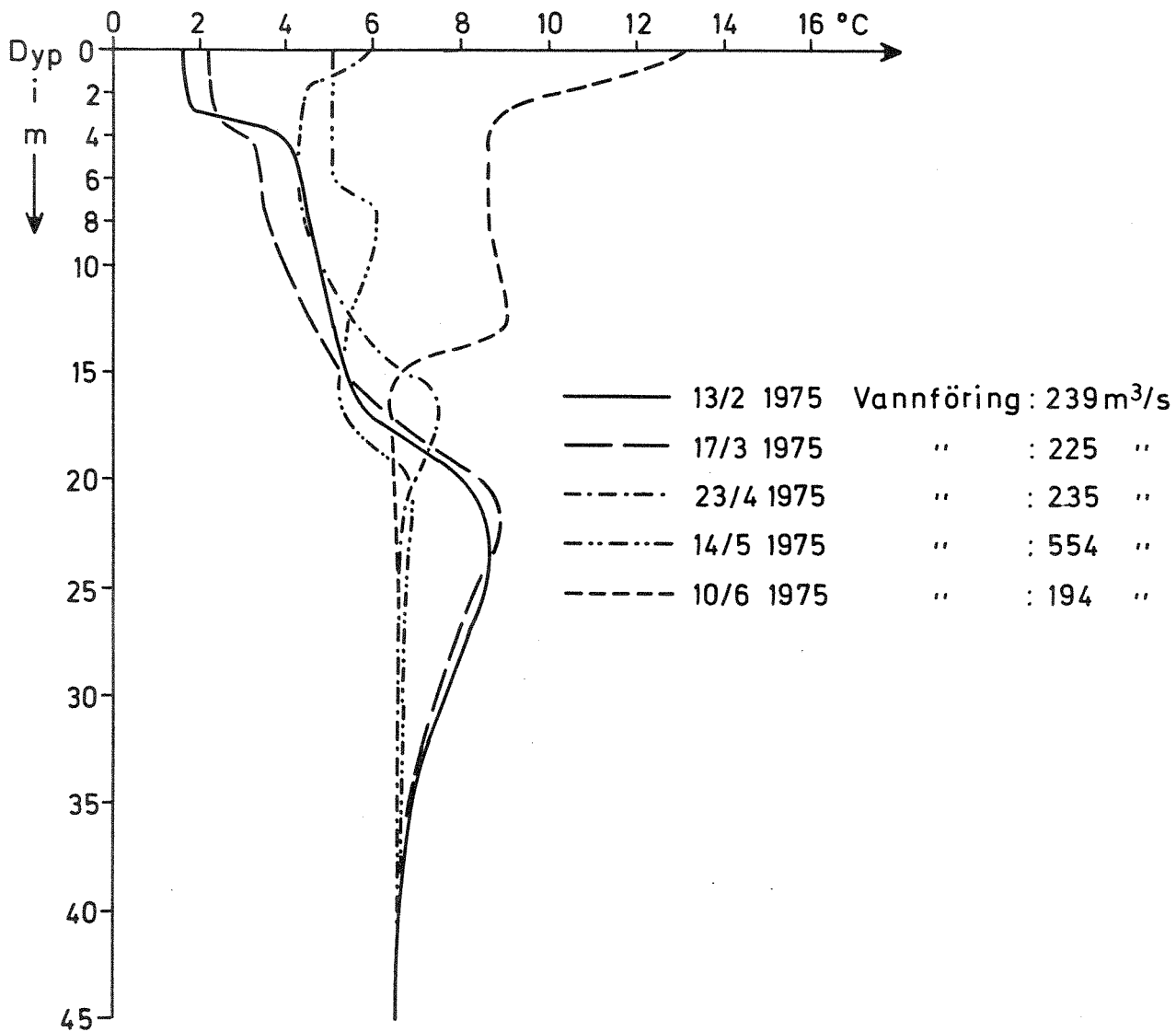


Fig.8b St. H2. Vertikal temperaturfordeling (°C) februar-juni 1975

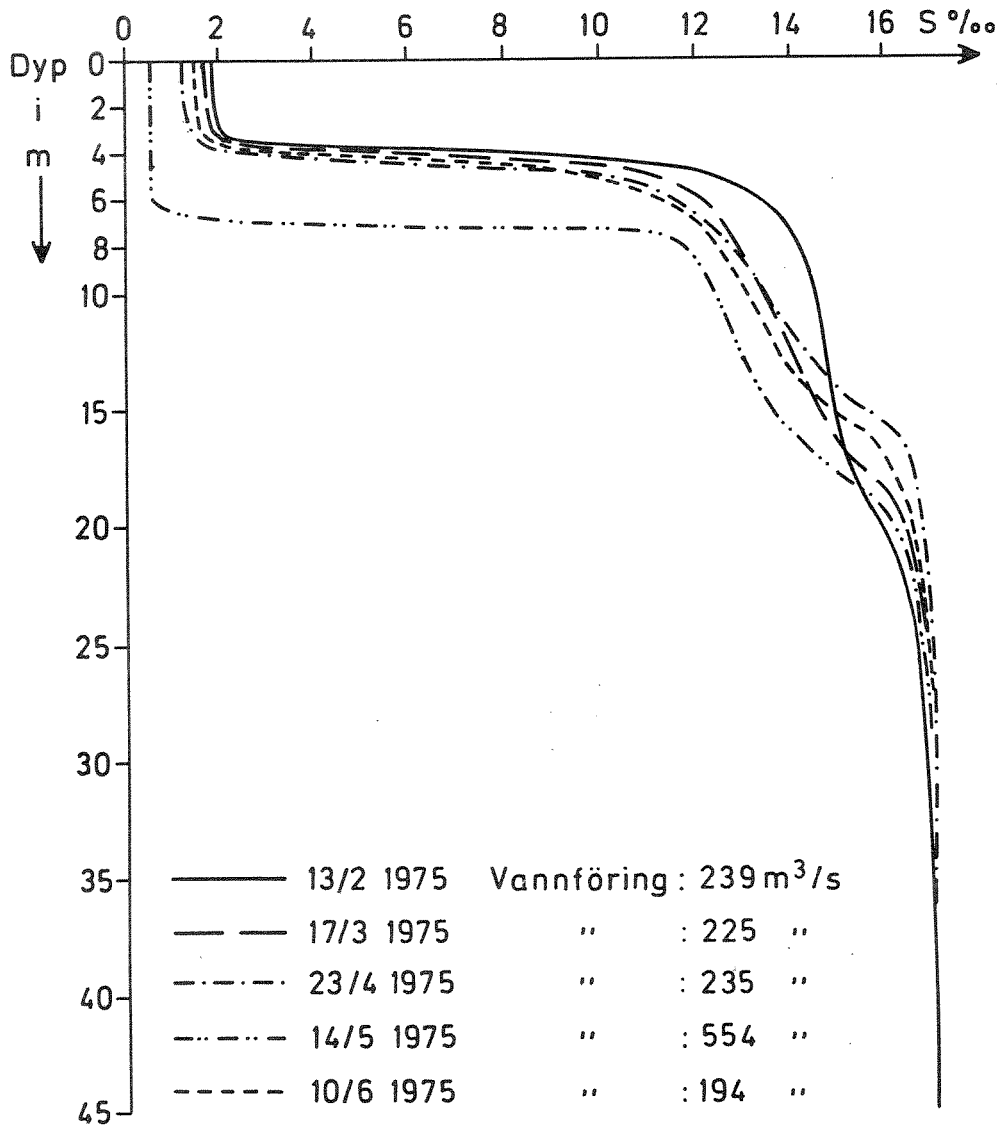


Fig.8c St.H2 Vertikal saltholdighetsfordeling (‰) februar - juni 1975

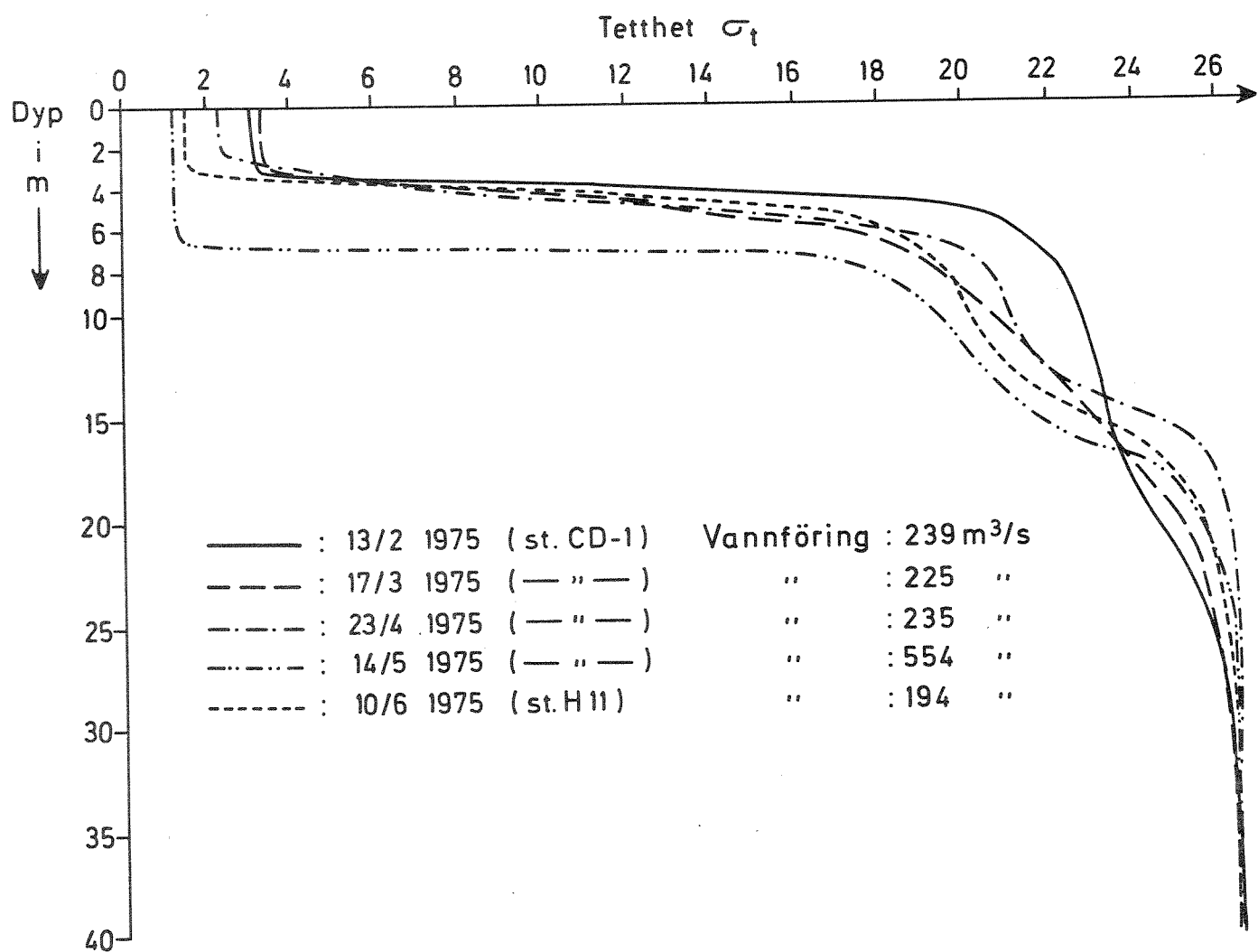


Fig.9a St. CD-1 og st. H11. Vertikal tetthetsfordeling ( $\sigma_t$ ) februar - juni 1975

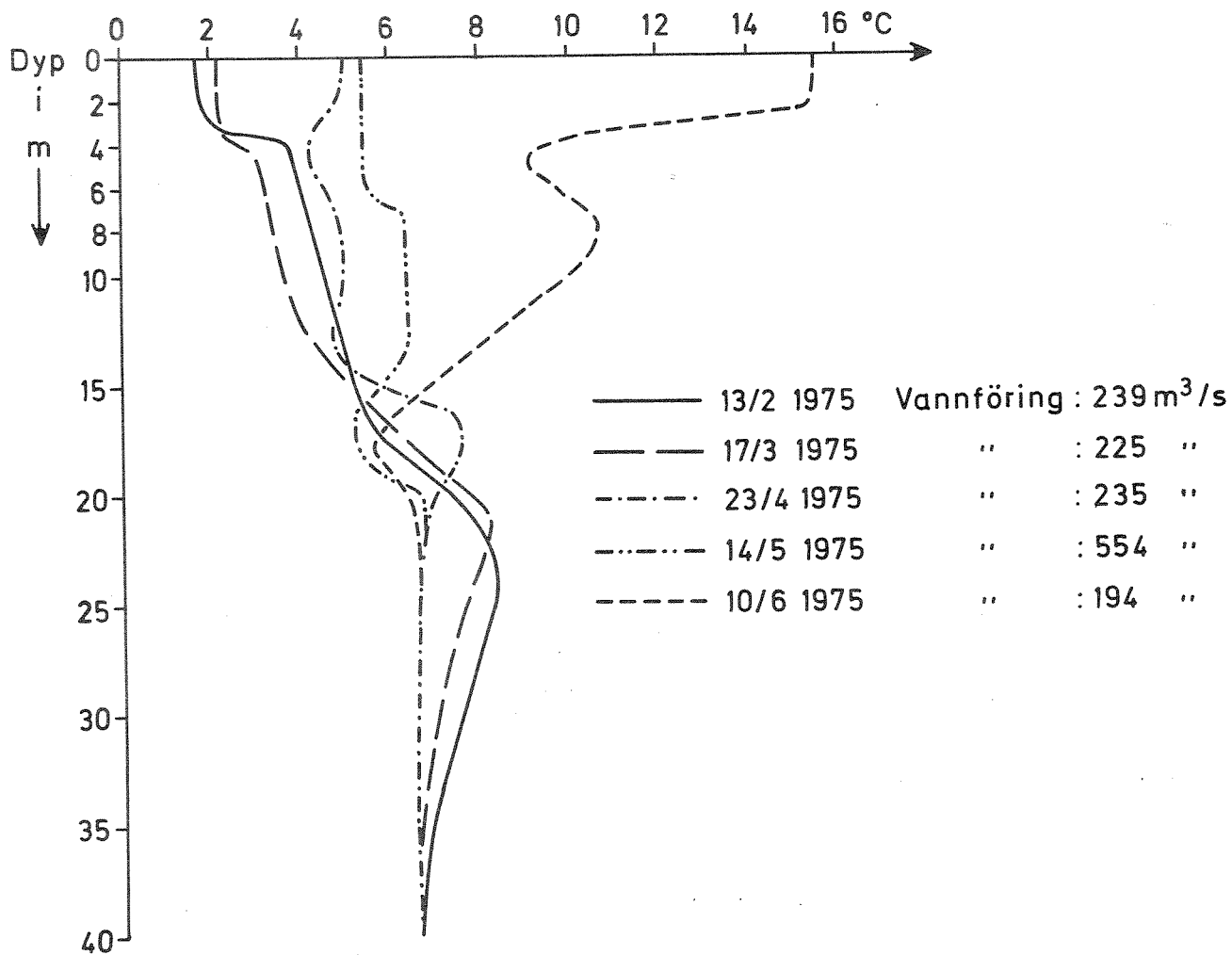


Fig.9b St. CD1 og st. H11. Vertikal temperaturfordeling (°C) februar-mai (CD1) og juni (H11) 1975

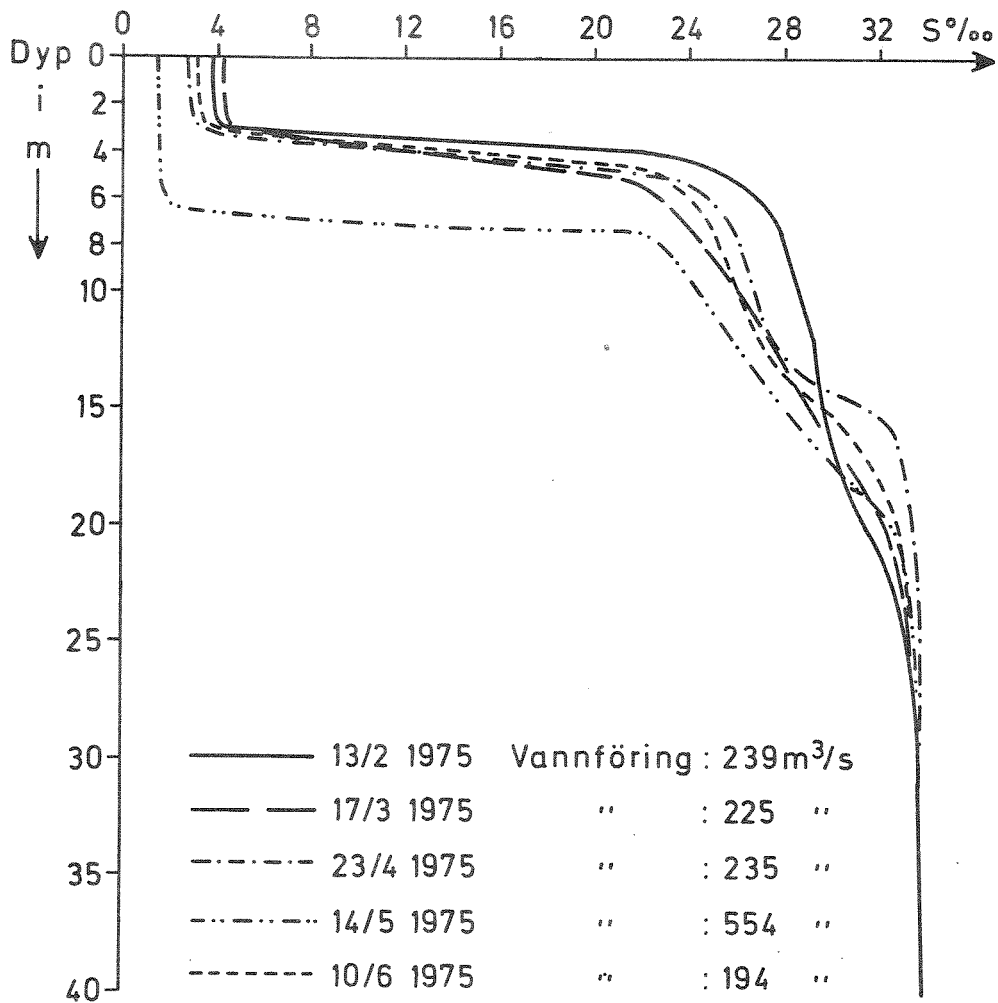


Fig.9c St. CD-1 og st. H 11. Vertikal saltholdighetsfordeling (‰) februar - mai (CD-1) og juni (H 11) 1975

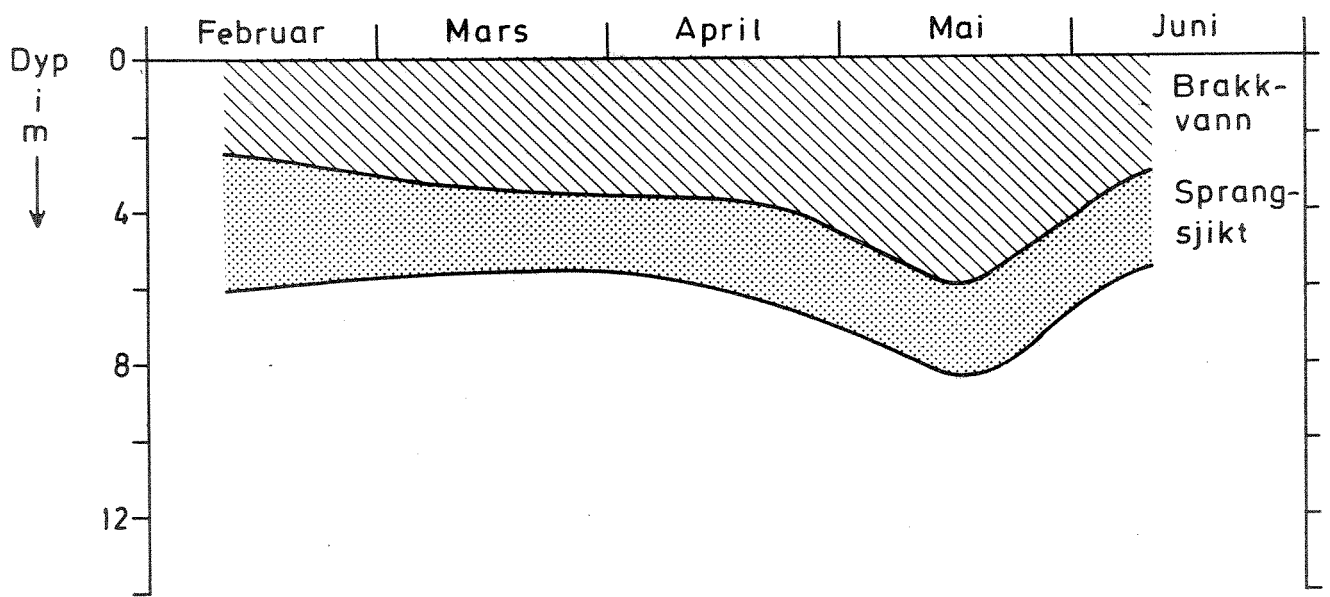


Fig.10 St.H5. Tykkelse av brakkvannslag og sprangsjikt februar - juni 1975

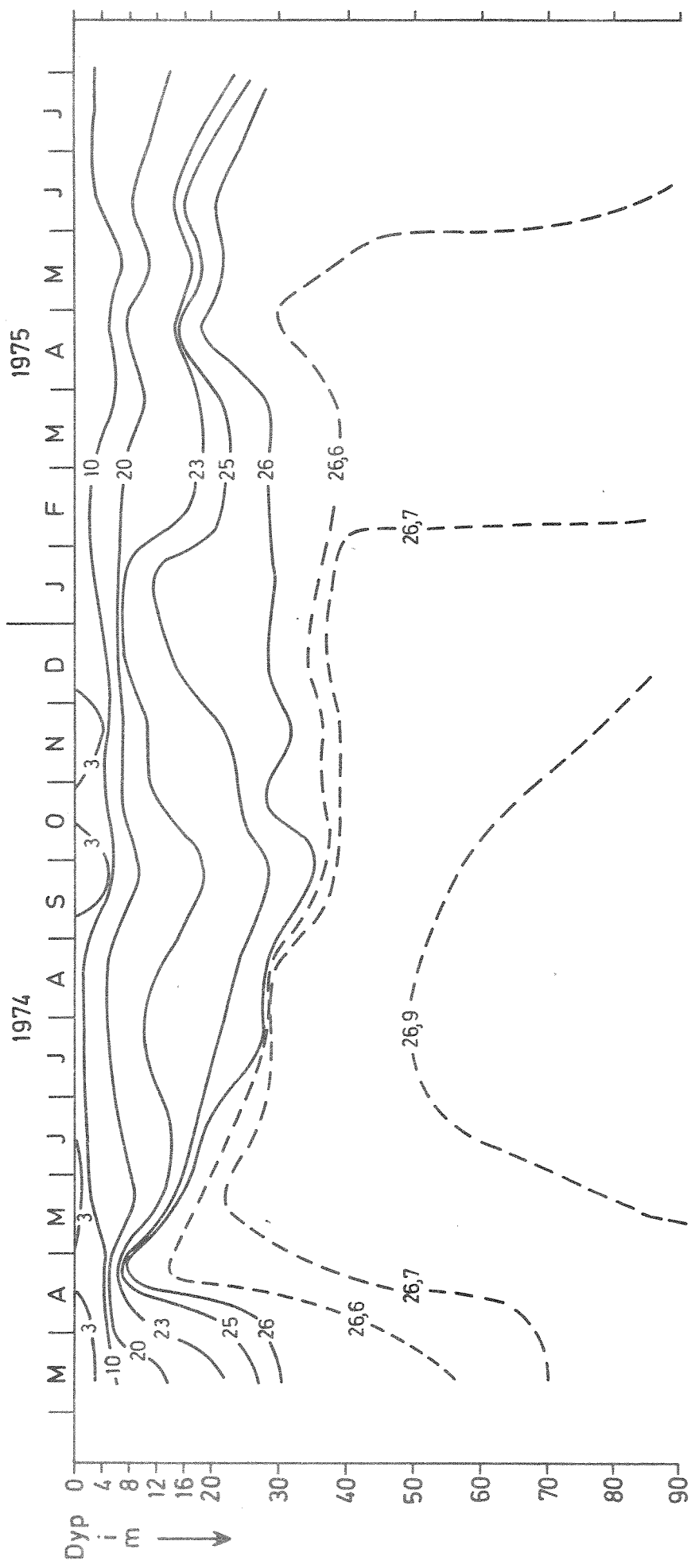


Fig.11 St. BC-1. Vertikal tetthetsfordeling ( $\sigma_t$ ) mars 1974 - juli 1975



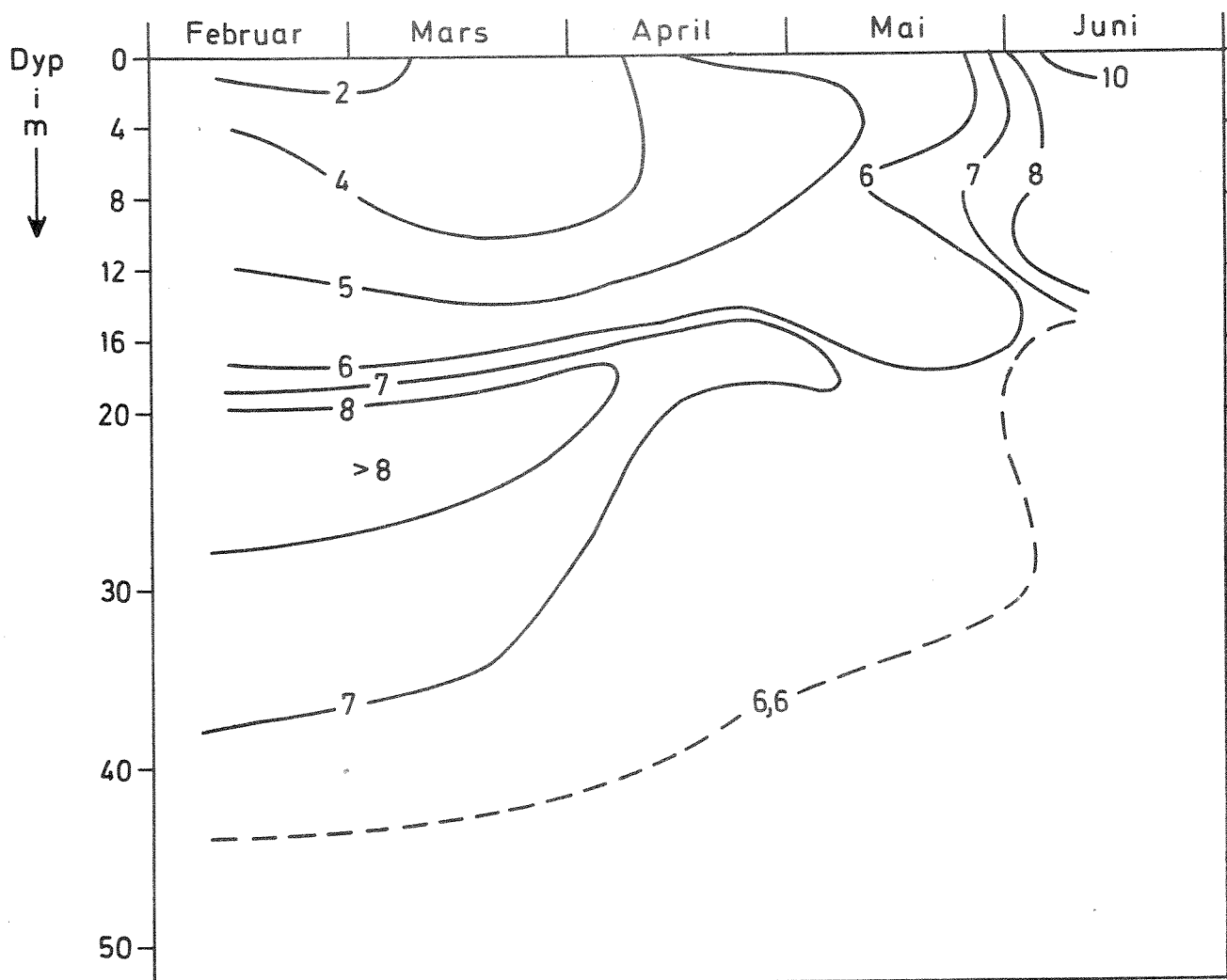


Fig.12 St. H2. Temperaturvariasjoner februar-juni 1975

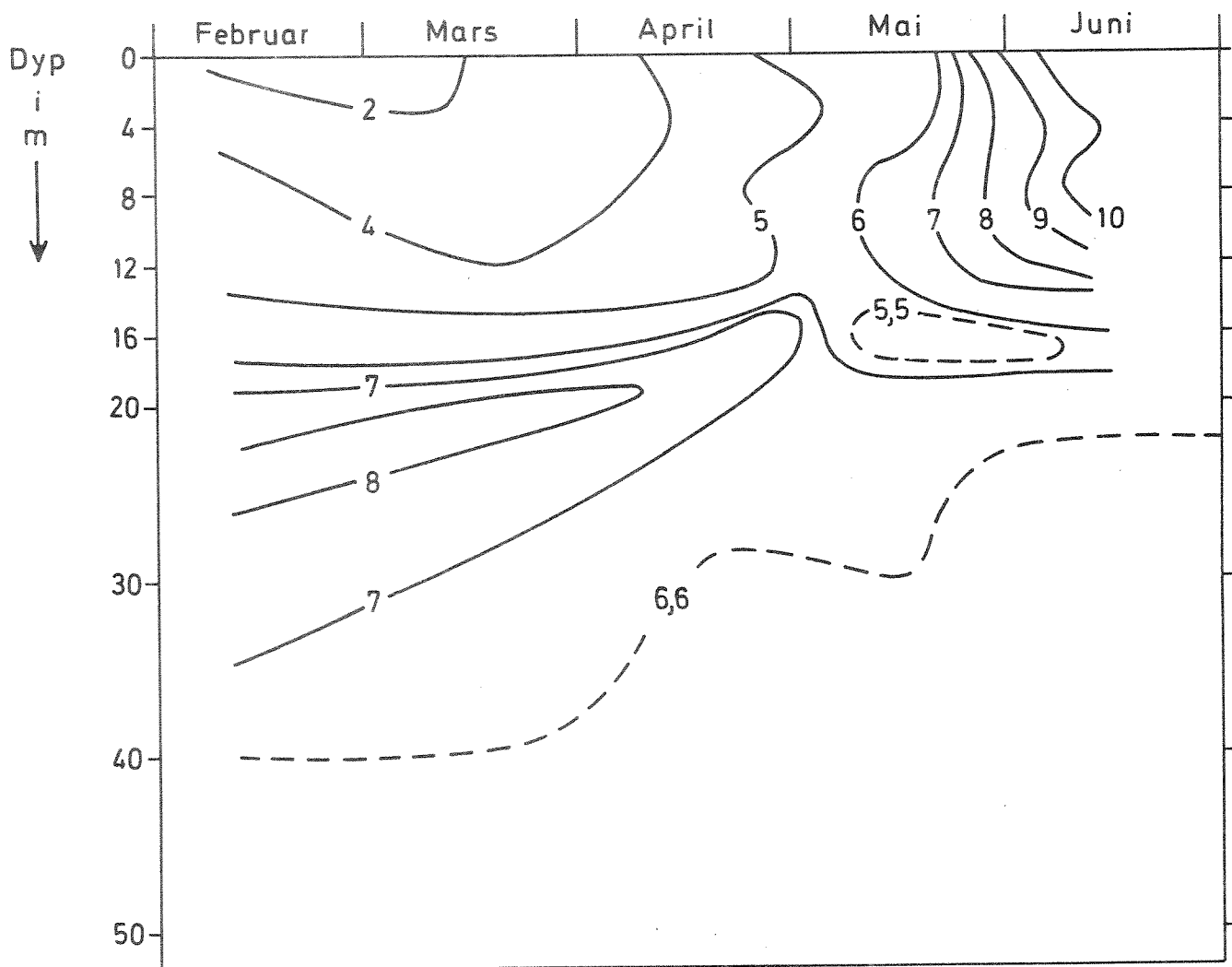


Fig.13 St.CD-1 og st.H11. Temperaturvariasjoner februar - mai (CD-1) og juni (H11) 1975

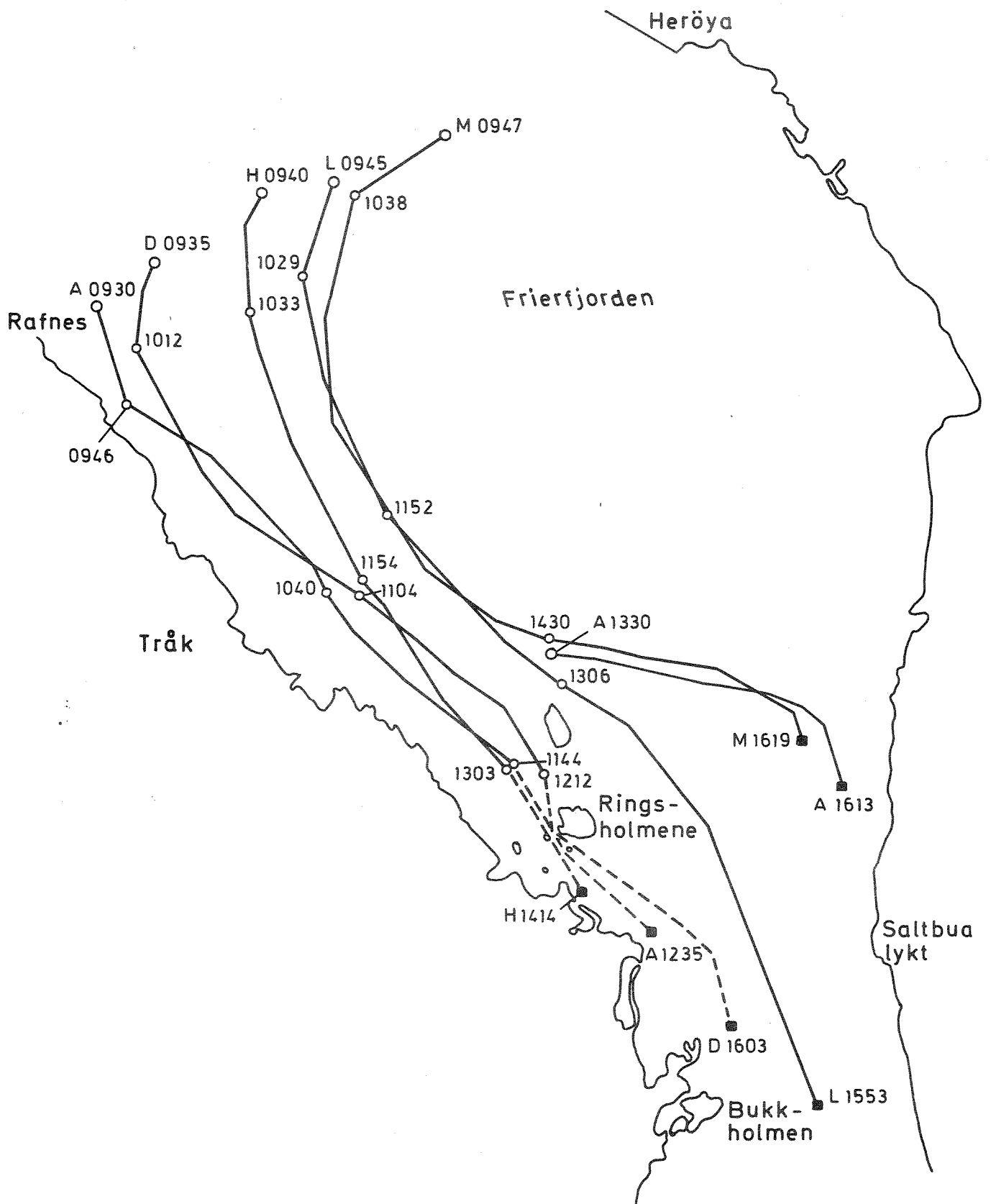


Fig.14 Strömkorsmålinger i Frierfjorden 23/5 1975  
Kors i 2m dyp

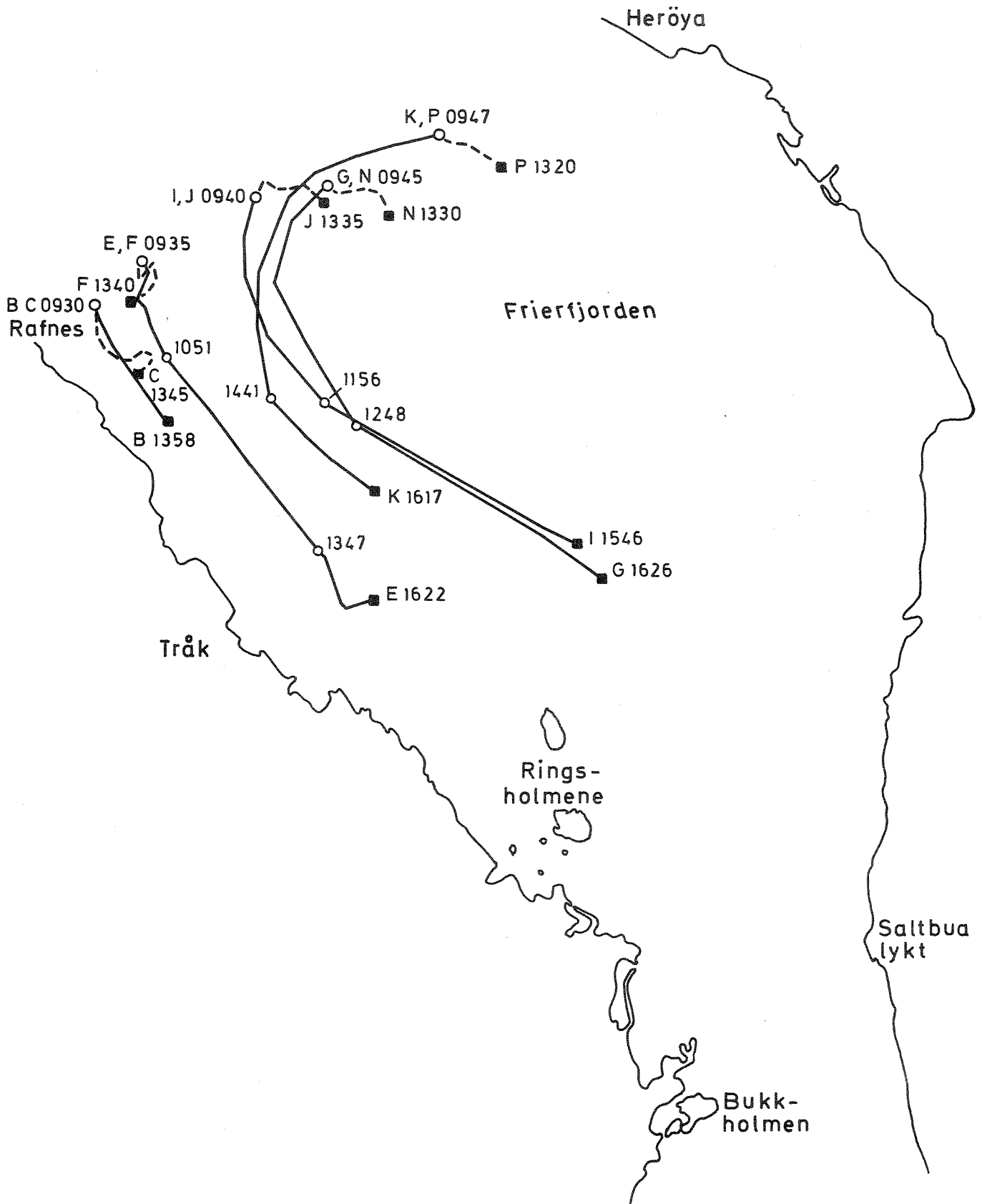


Fig.15 Strömkorsmålinger i Frierfjorden 23/5 1975

Kors C, F, J, N og P : 9m dyp  
 Kors B, E, I, G og K : 15m dyp

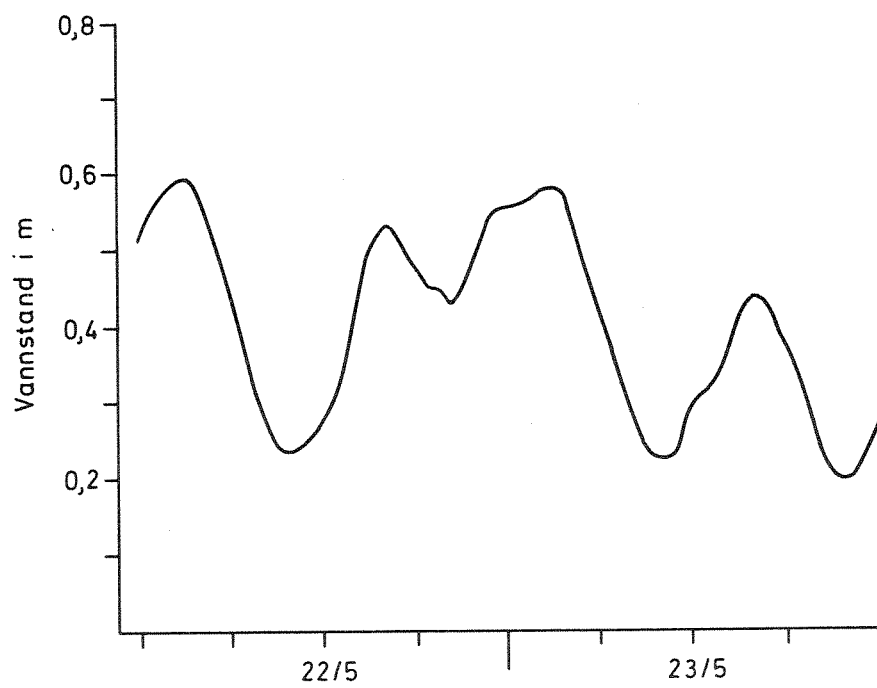


Fig.16 Vannstand ved Heröya 22-23/5 1975

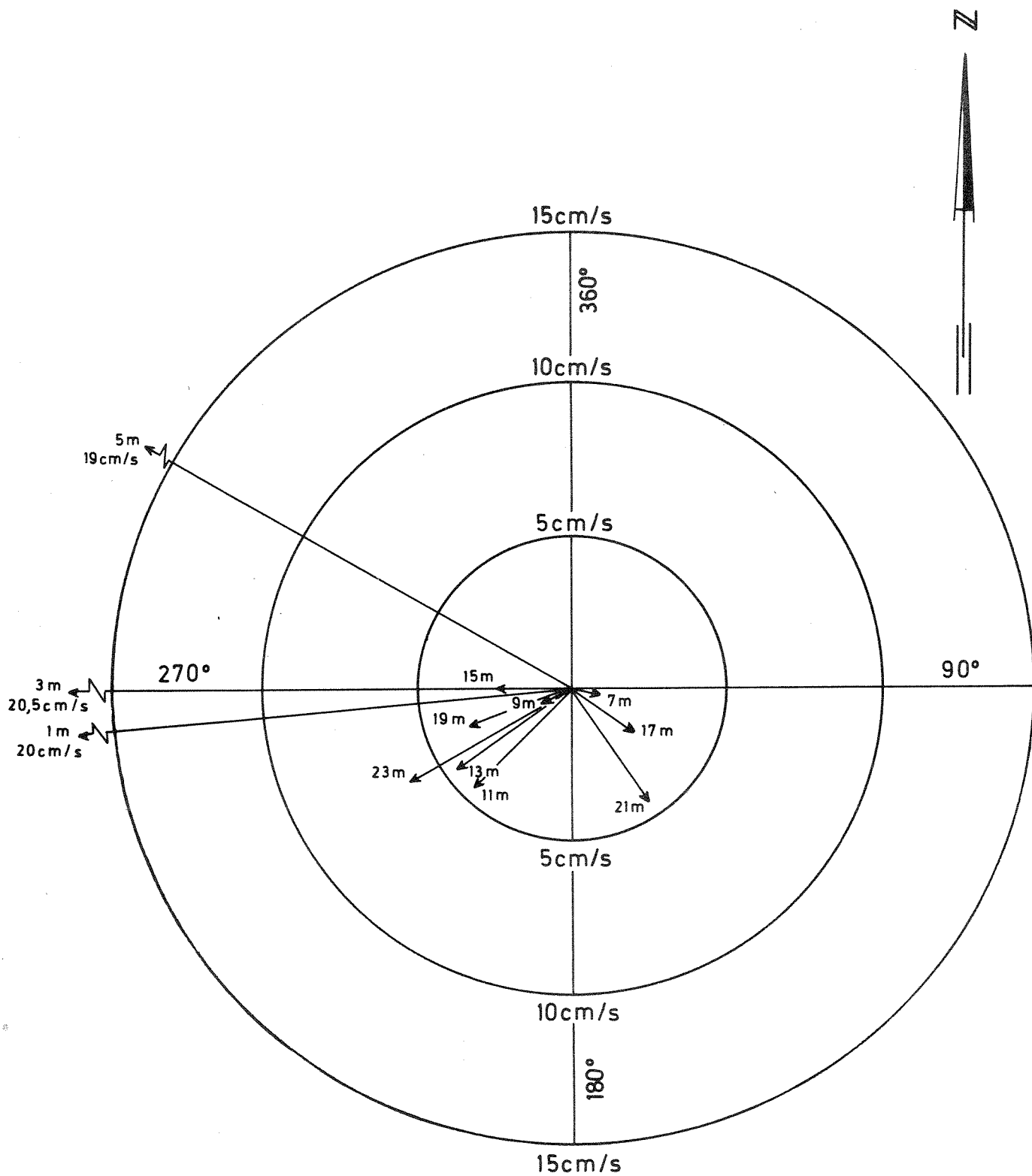


Fig.17 St. P3, 15/5 1975 kl. 1605.  
Strömretning och hastighet i måledypene

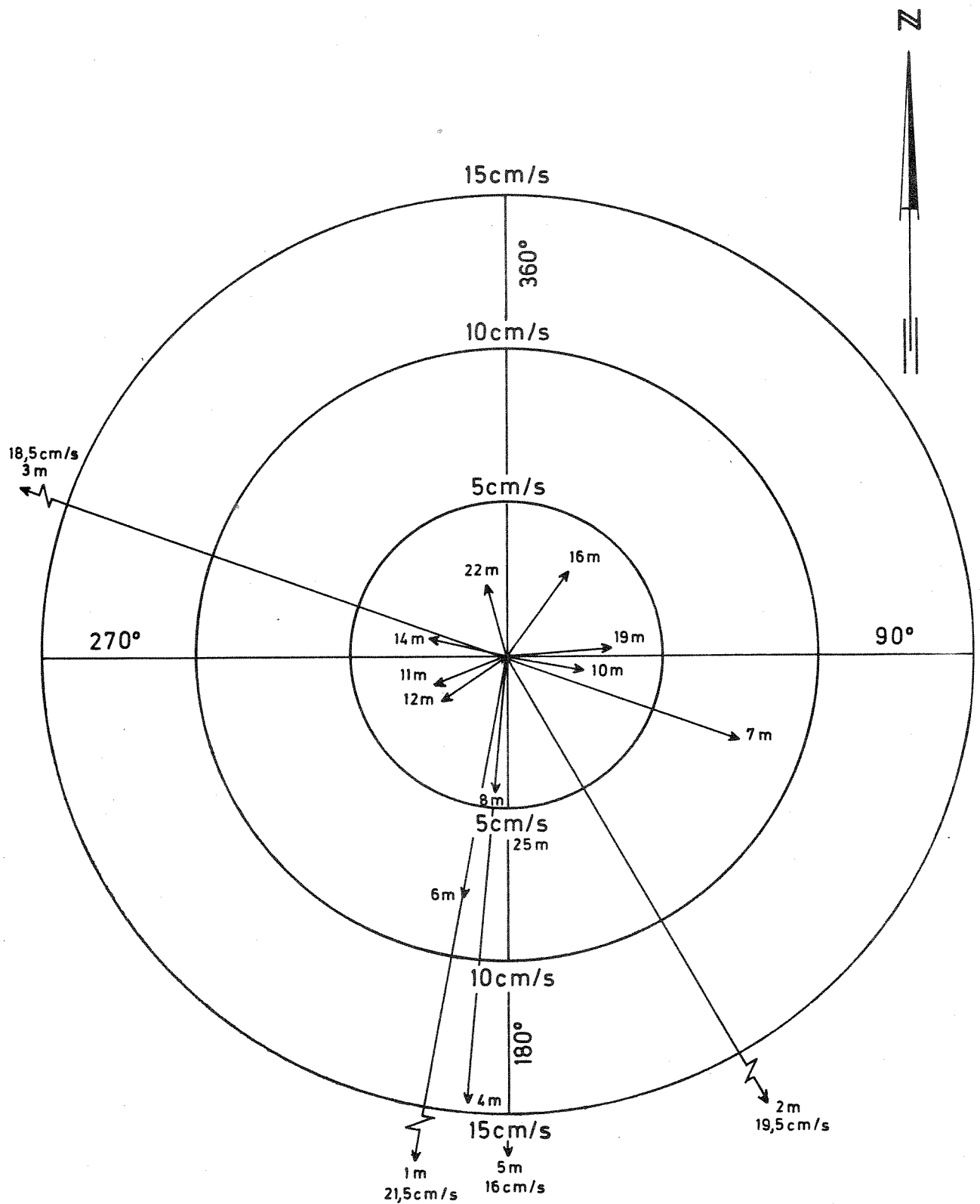


Fig.18 St. P5, 15/5 1975 kl. 1100  
Strömretning og hastighet i måledypene

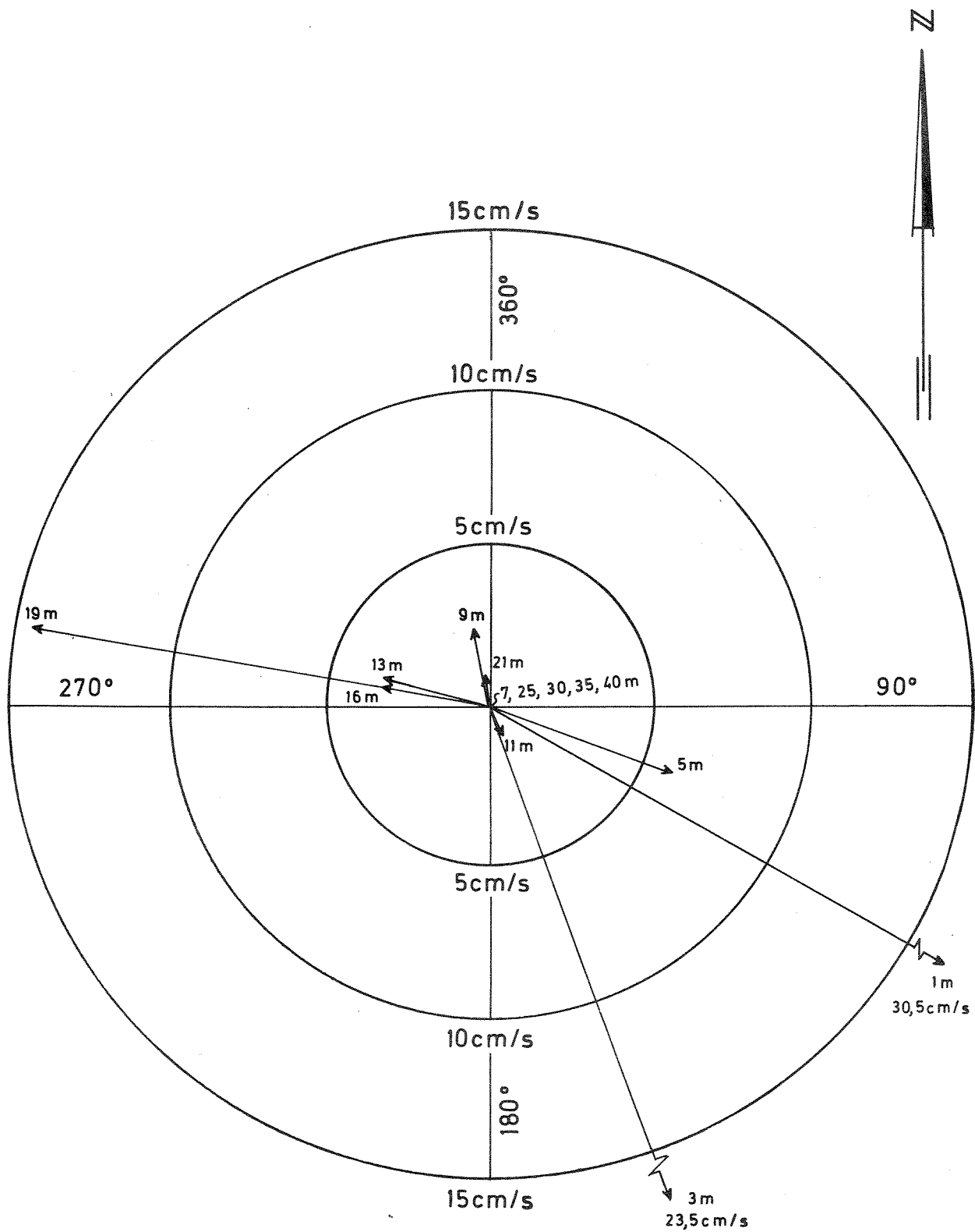


Fig.19 St. P8 15/5 1975 kl.0925  
 Strömretning og hastighet i måledypene



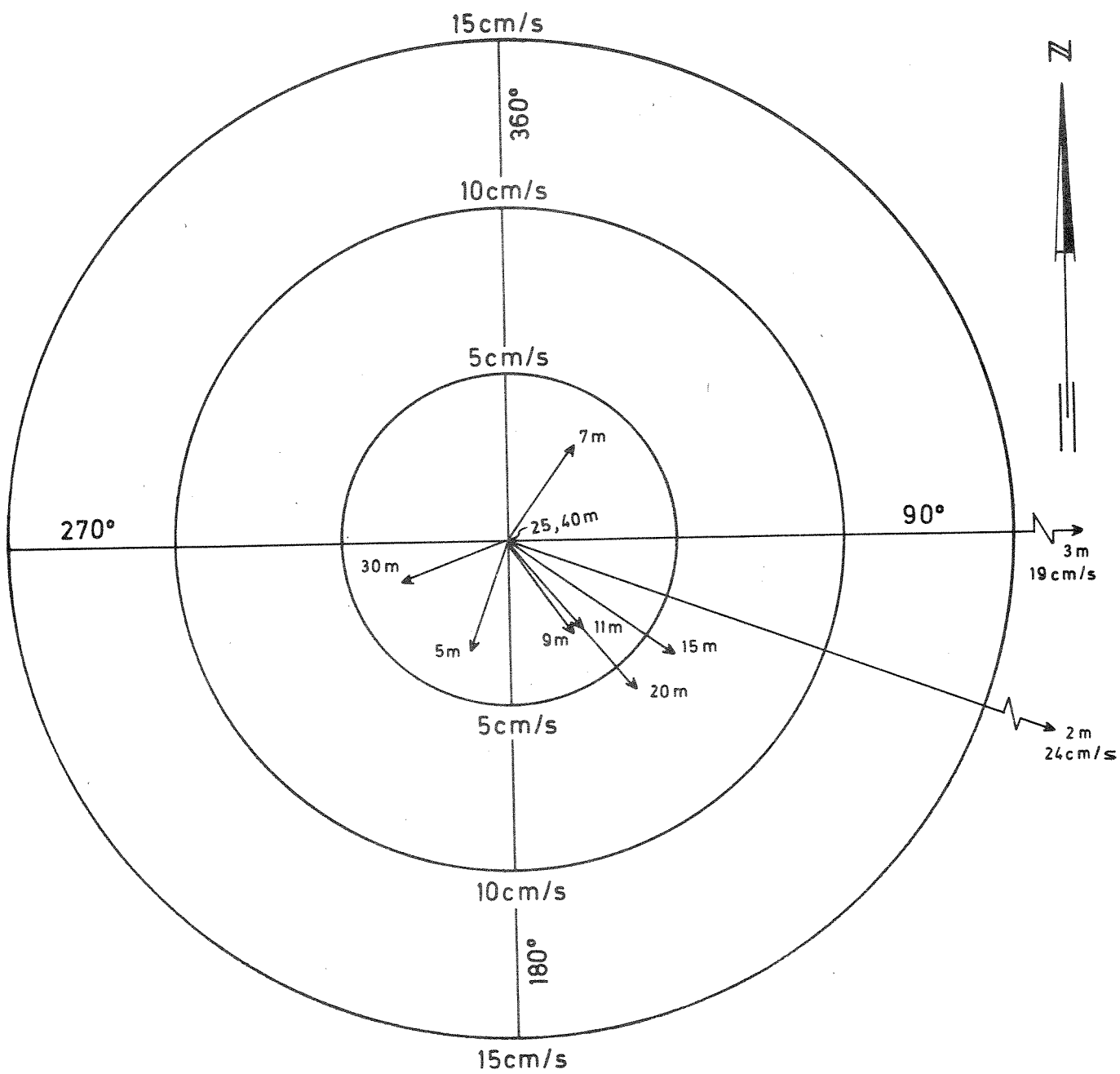


Fig.20 St. P11, 15/5 1975 kl. 1115.  
Strömretning og hastighet i måledypene

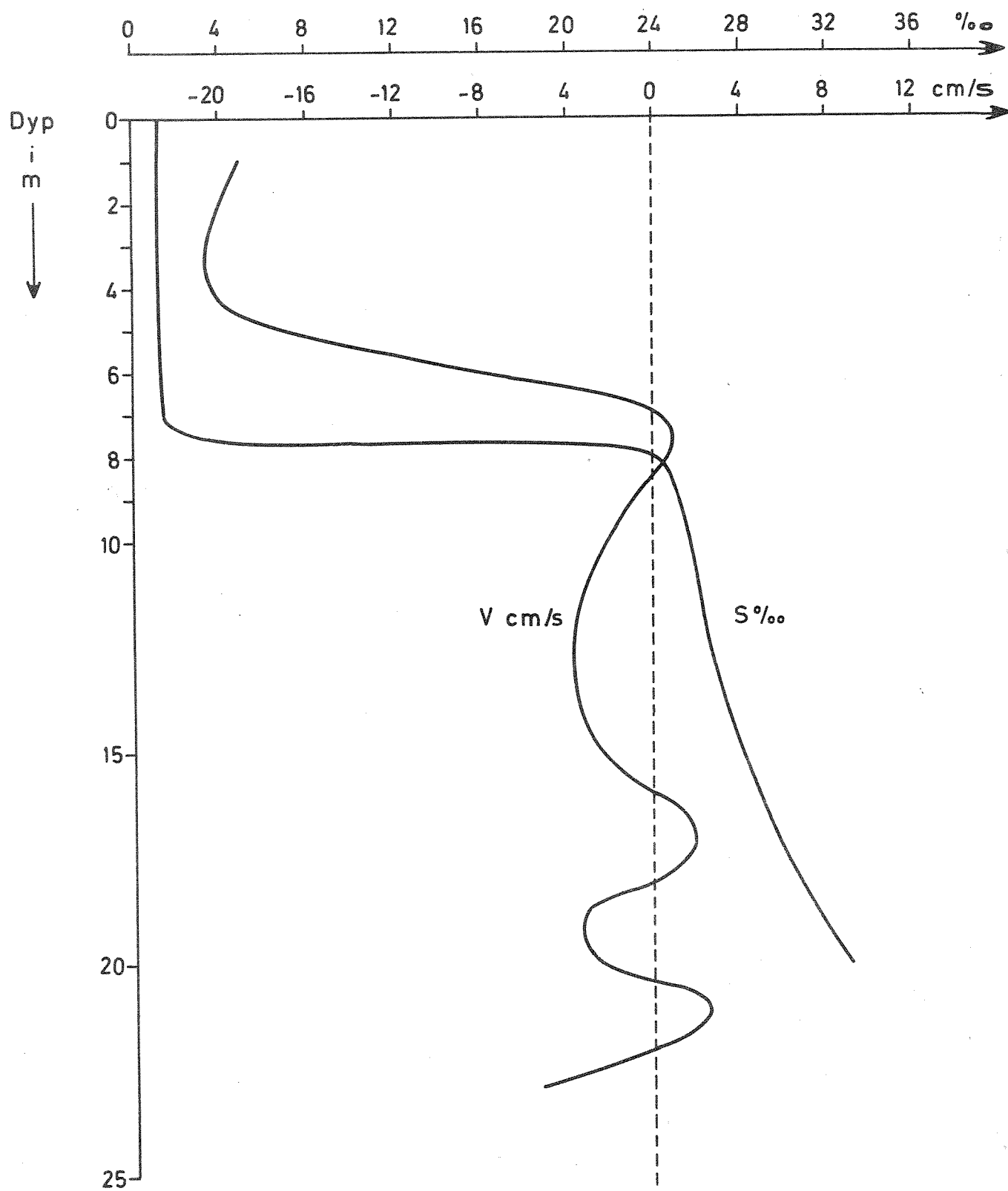


Fig.21 St. P3, 15/5 1975 kl. 16<sup>05</sup>  
 Måling av ström och saltholdighet  
 Ström dekomponert langs 90° (+) - 270°(-)

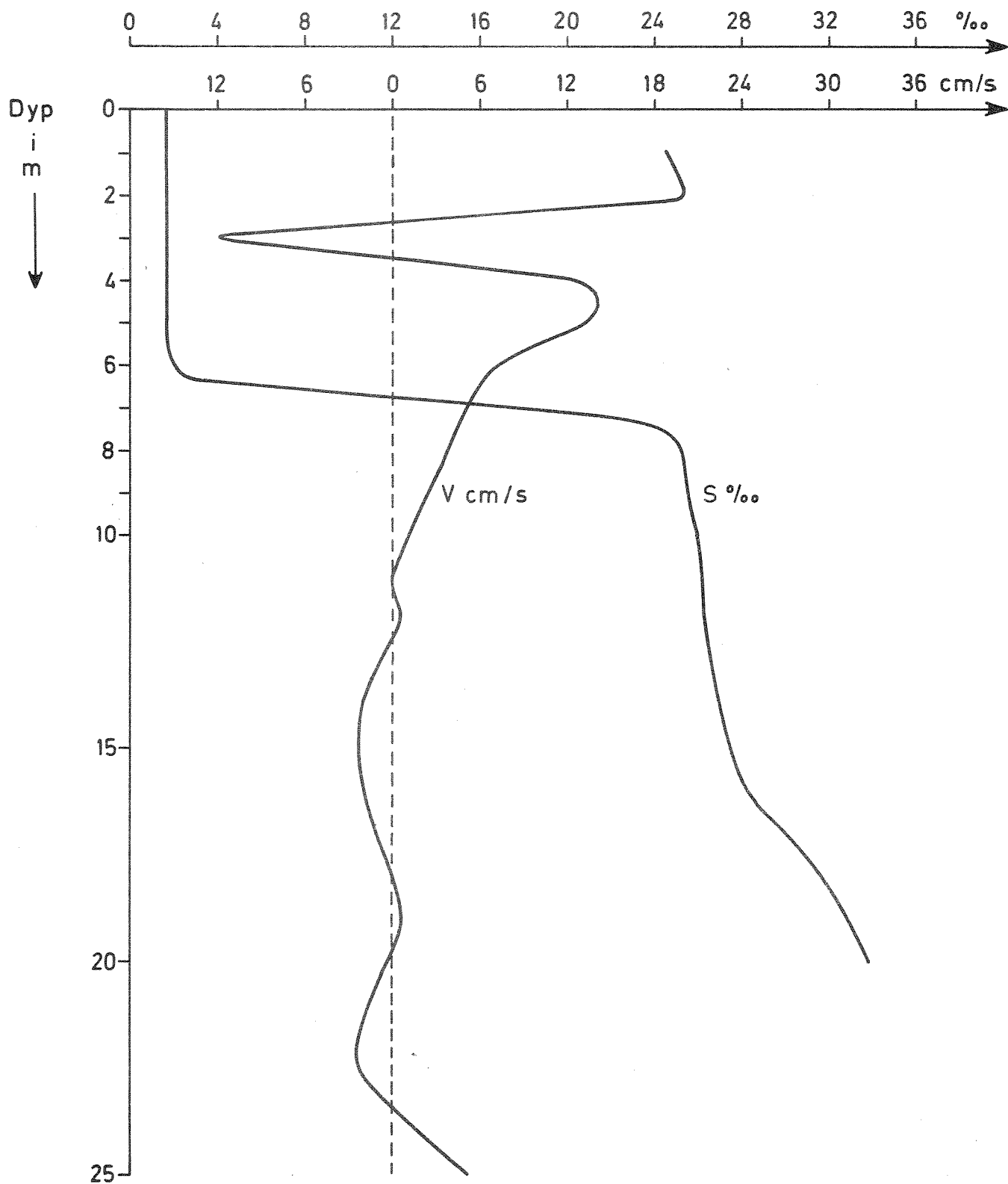


Fig.22 St. P5, 15/5 1975 kl. 11  
 Måling av ström och saltholdighet  
 Ström dekomponert langs 160°(+) - 340°(-)

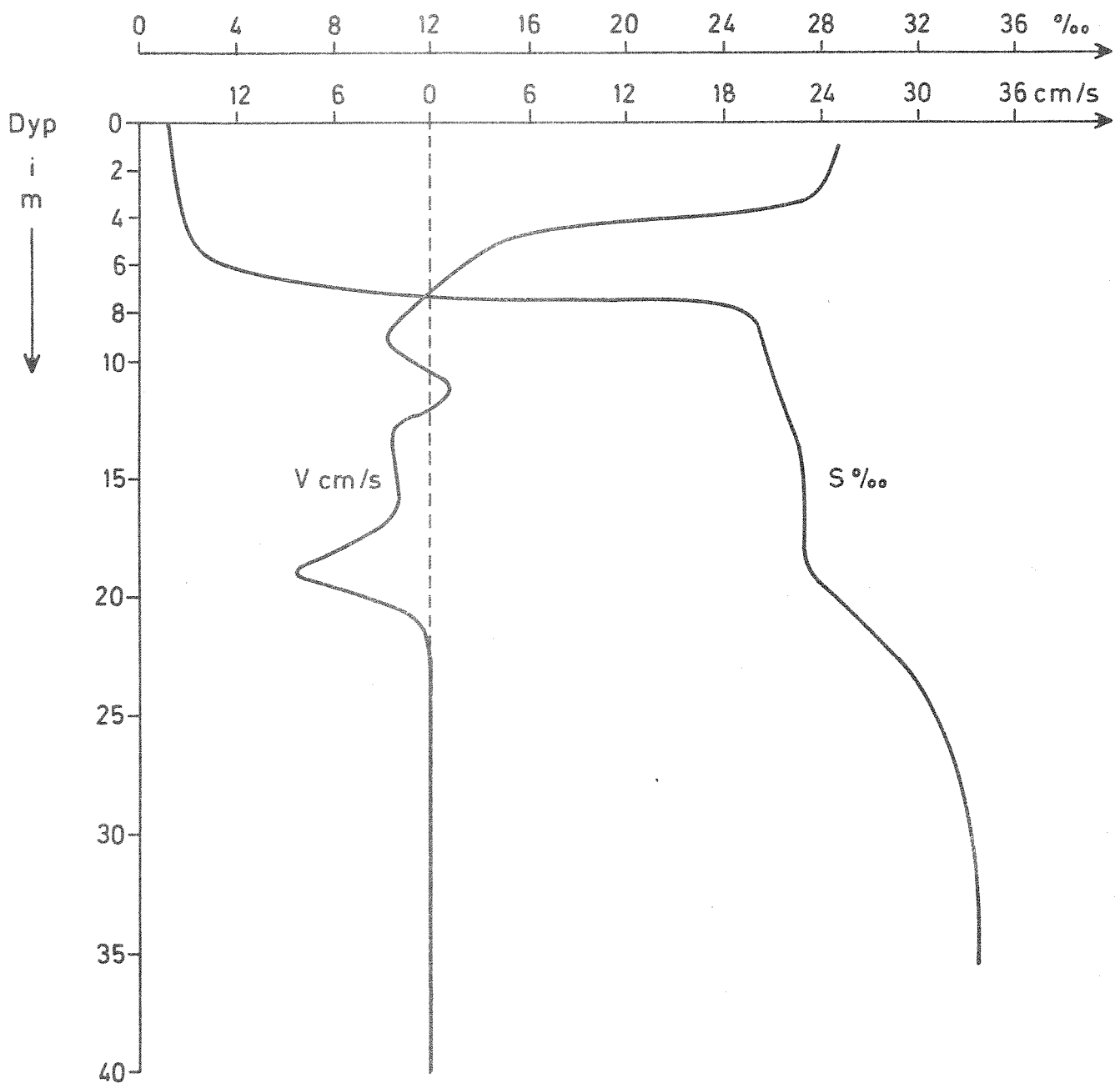


Fig.23 St. P8, 15/5 1975 kl. 09<sup>25</sup>  
 Måling av ström og saltholdighet  
 Ström dekomponert langs 160° (+) - 340° (-)

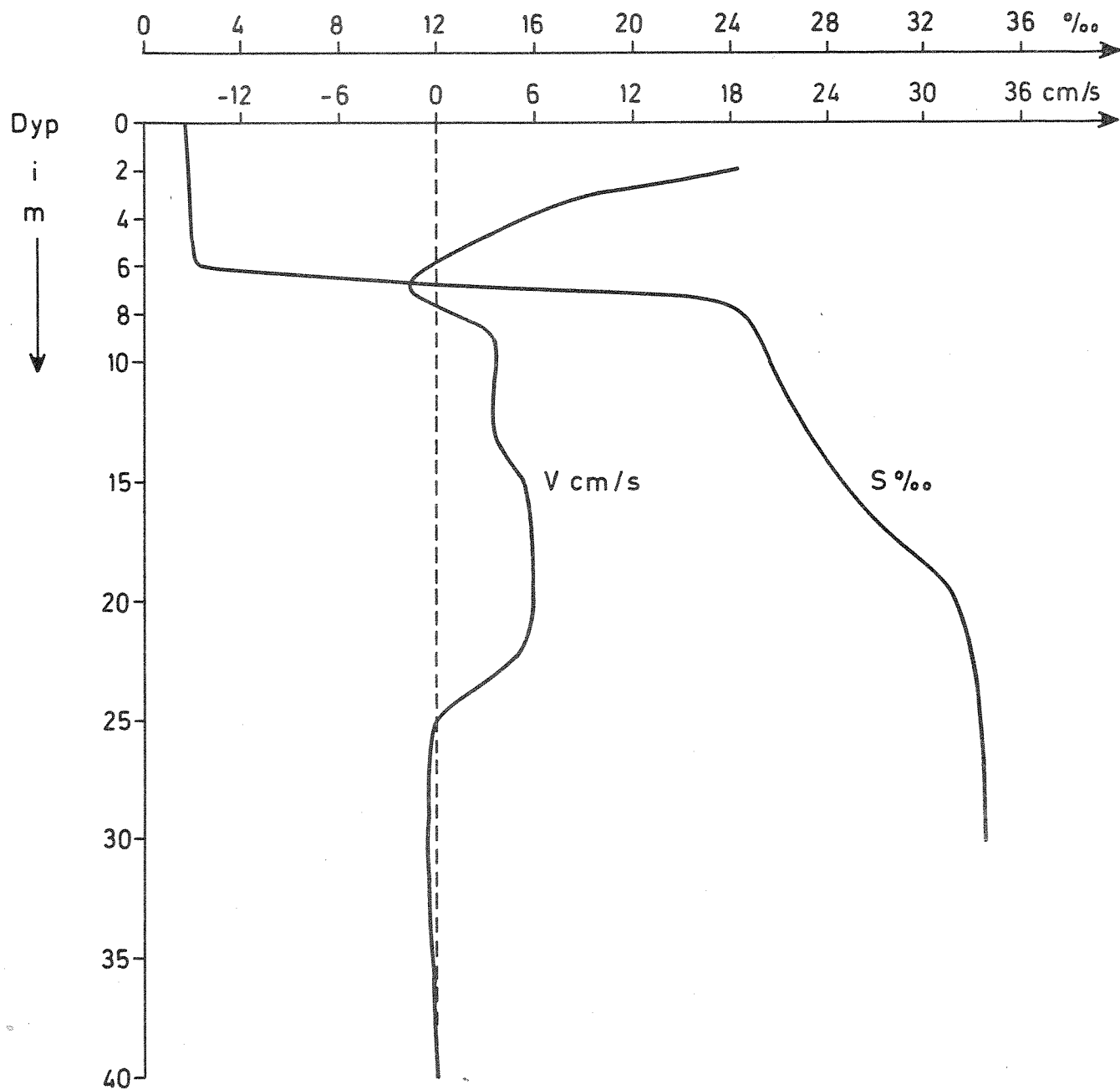


Fig. 24 Måling av ström på st. P11, 15/5 1975 kl. 11<sup>15</sup>  
 Ström dekomponert langs 150°(+) - 330°(-)  
 Måling av saltholdighet på st. P10, 14/5 1975

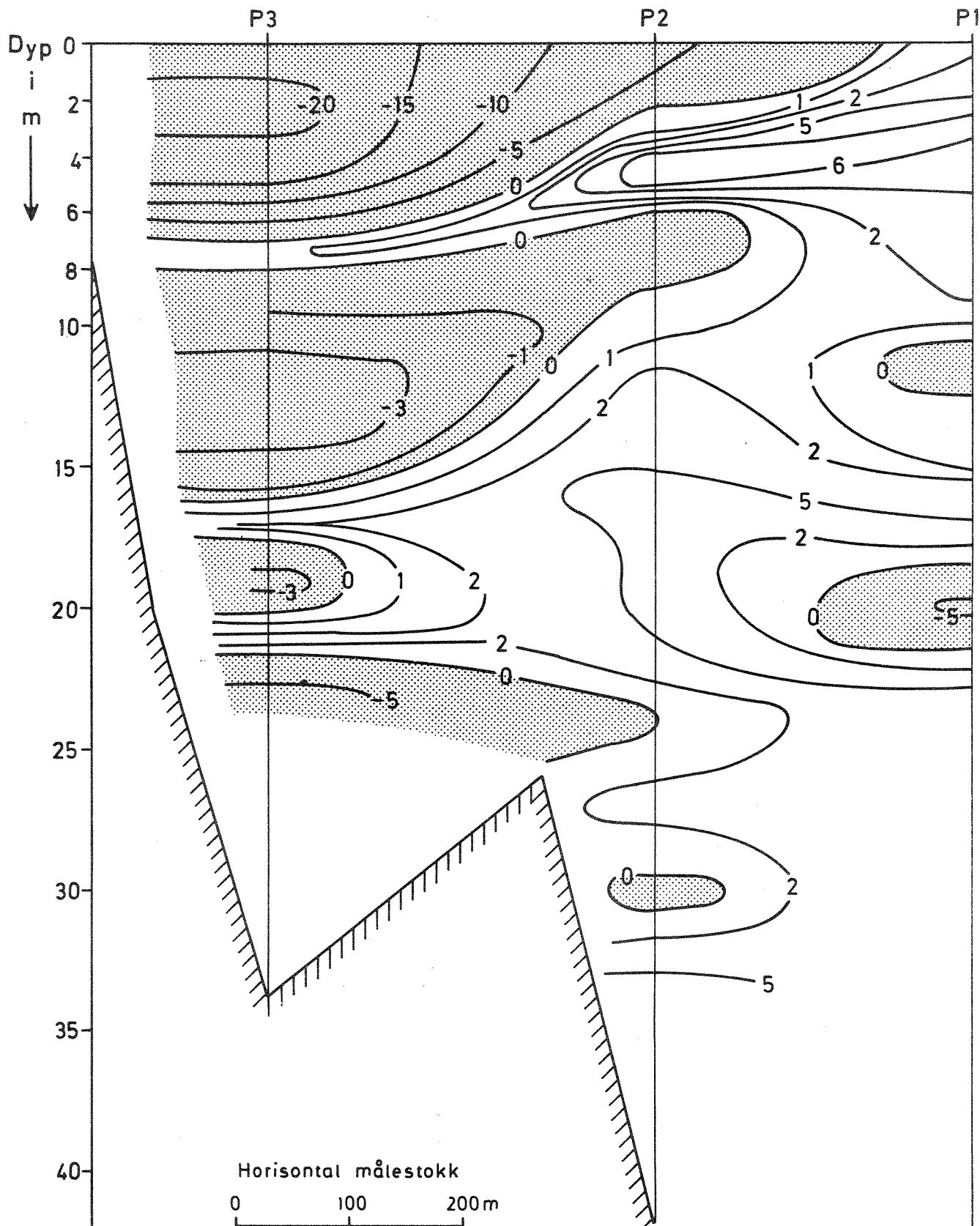


Fig.25

Vertikal strömprofil (cm/s) ved st. P1-P3, 15/5 1975  
 Ström mot 90° positiv, ström mot 270° negativ  
 Skraverte områder angir dyp med negativ strömretning

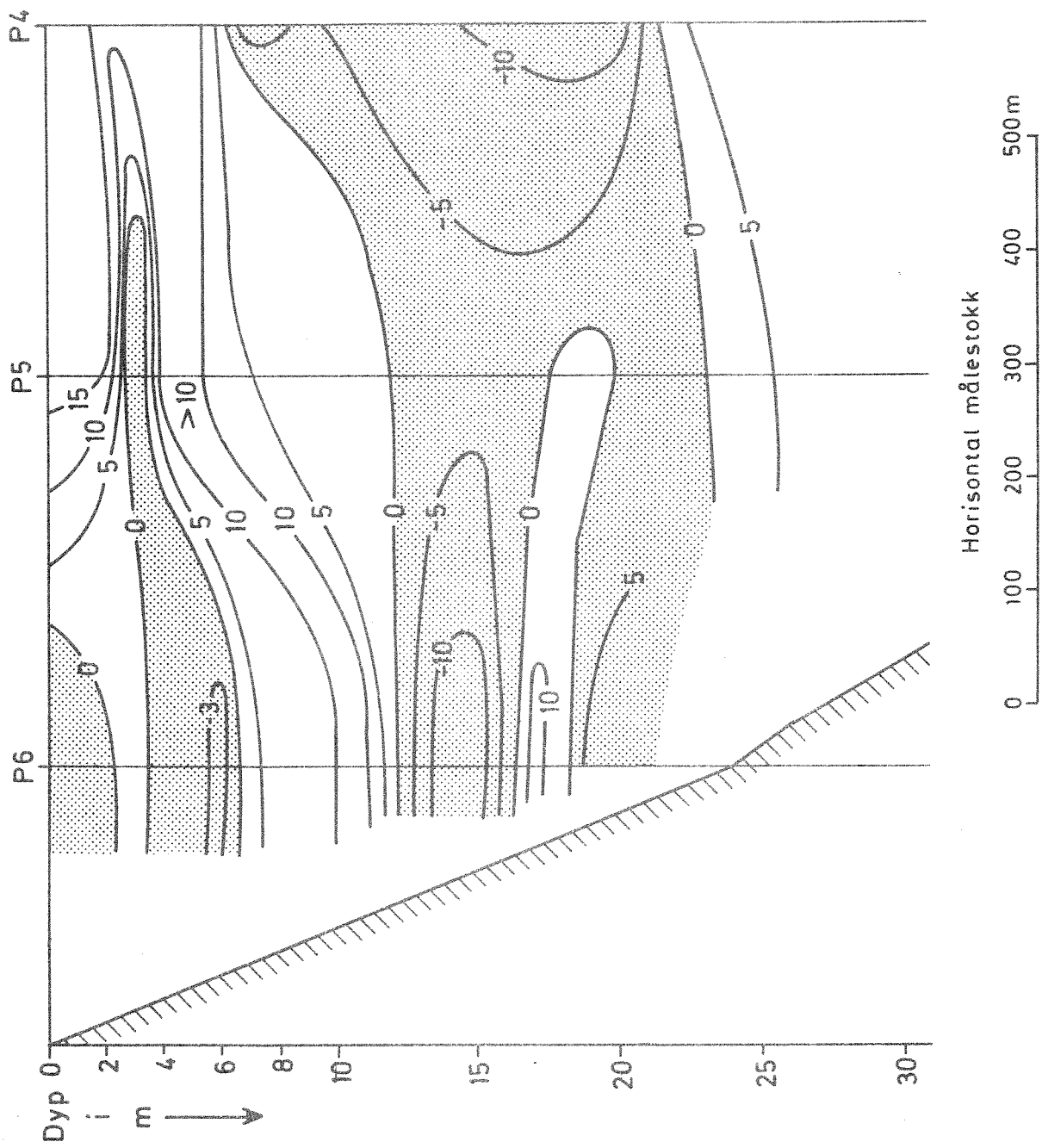


Fig.26 Vertikal strömprofil (cm/s) ved st. P4 - P6, 15/5 1975  
 Ström mot 160° positiv, ström mot 340° negativ  
 Skraverte områder angir dyp med negativ strømretning

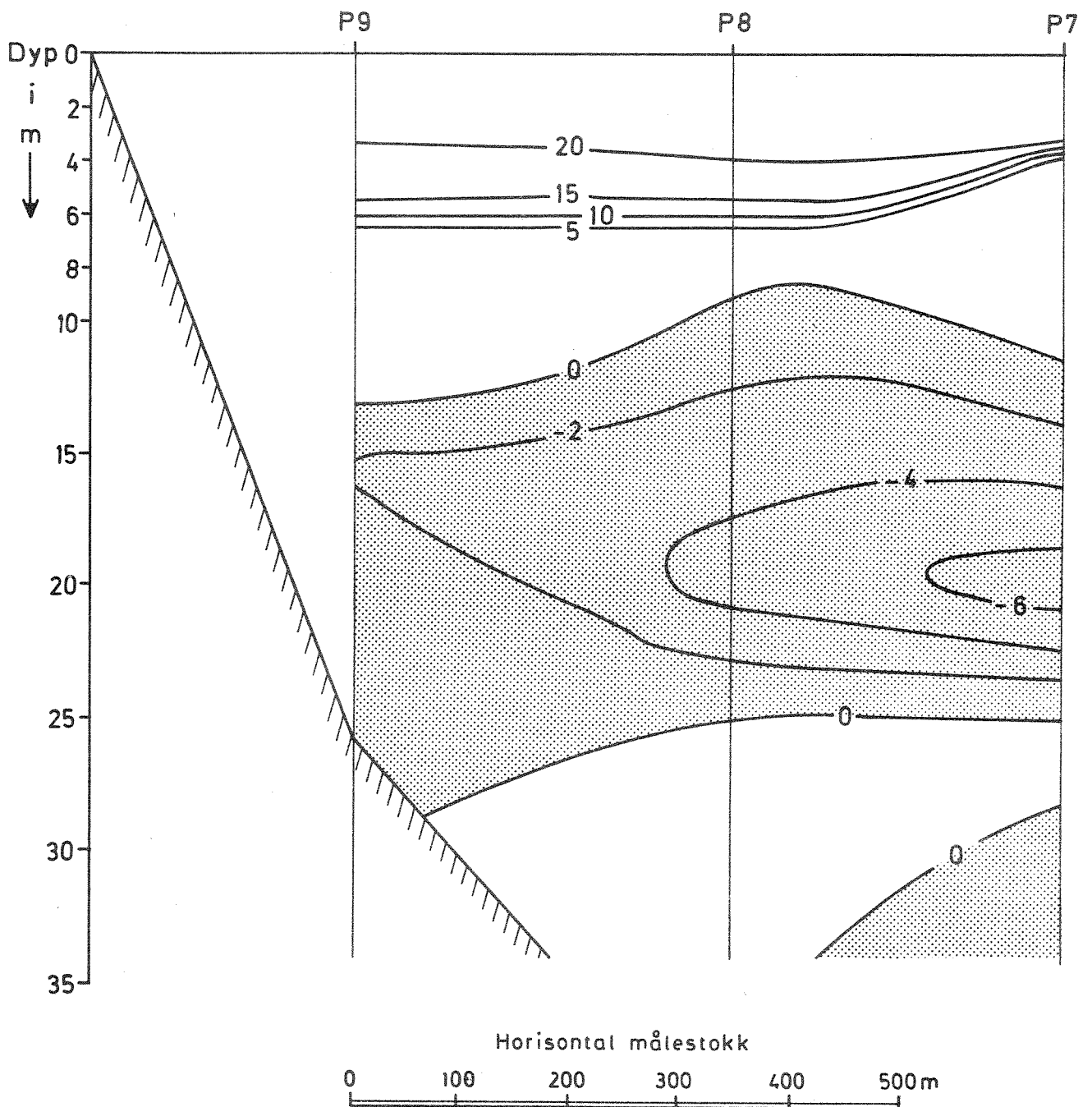


Fig.27 Vertikal strömprofil (cm/s) ved st. P7-P9, 15/5 1975  
 Ström mot 160° positiv, ström mot 340° negativ  
 Skraverte områder angir dyp med negativ strömretning



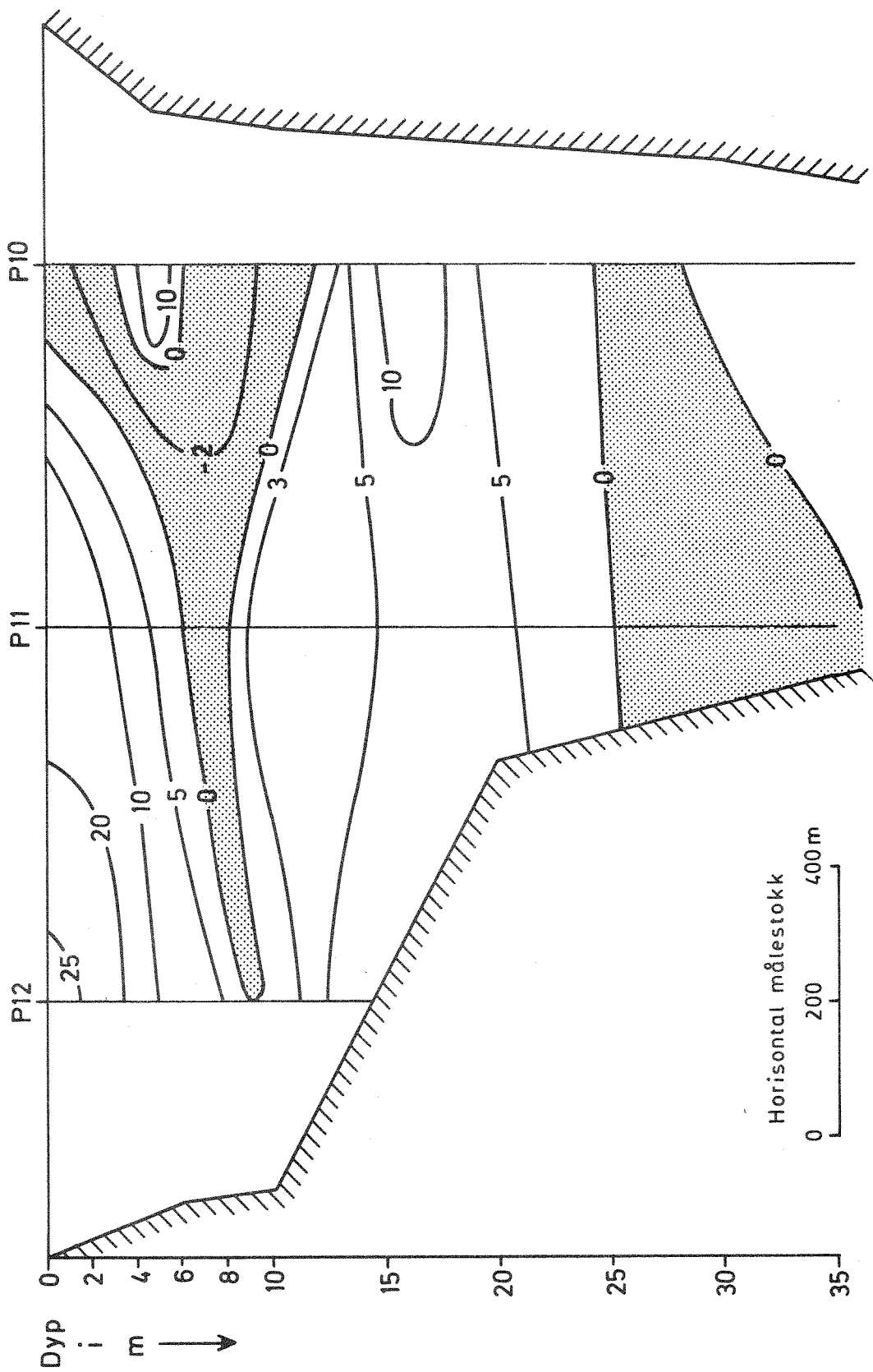


Fig.28 Vertikal strömprofil (cm/s) ved st. P10-P12, 15/5 1975  
 Ström mot 150° positiv, ström mot 330° negativ for st. P11 - P12  
 St. P10 dekomponert langs 180° (+) - 360° (÷)  
 Skraverte områder angir dyp med negativ strömretning

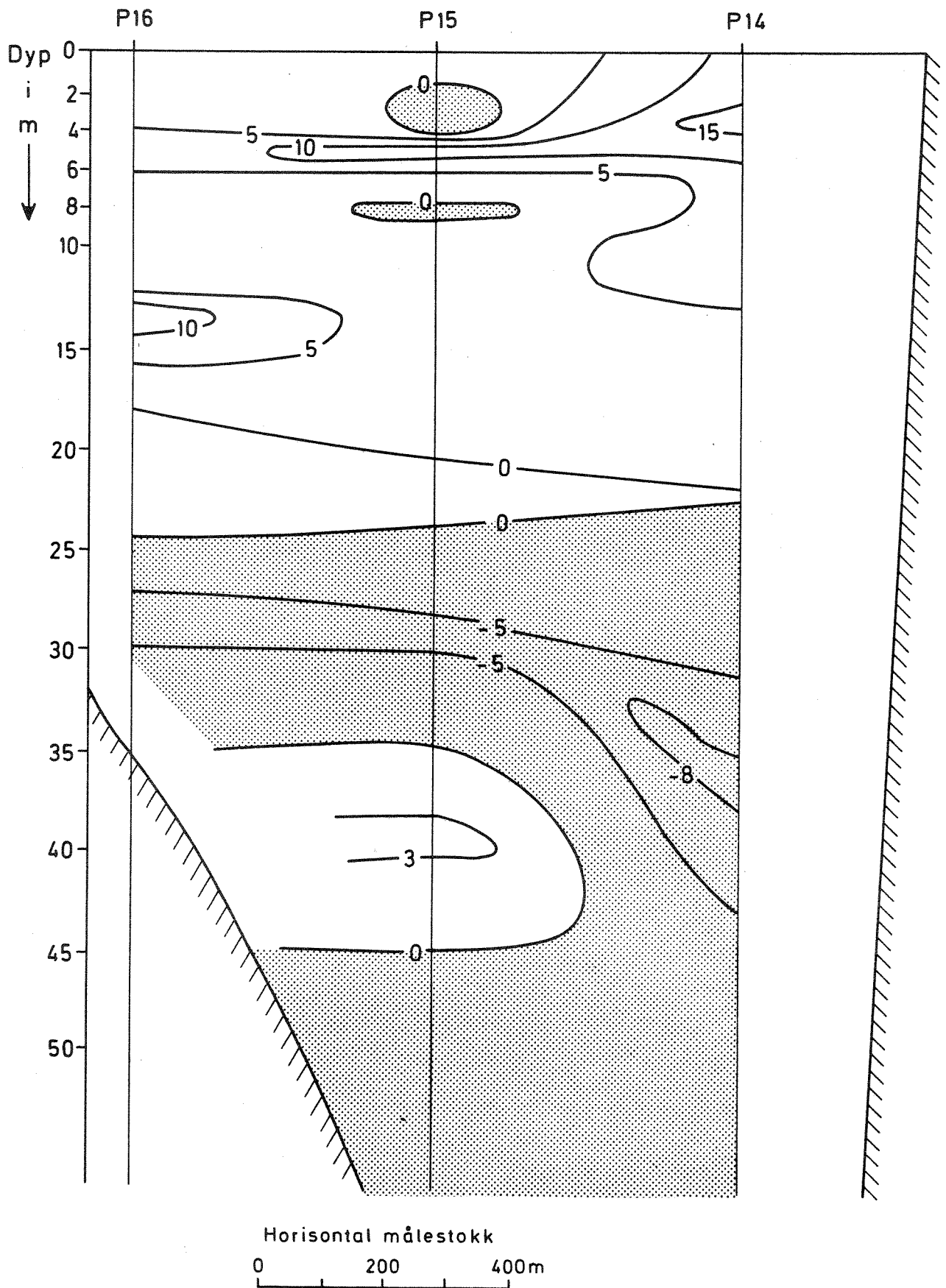


Fig.29

Vertikal strömprofil (cm/s) ved st. P14-P16, 15/5 1975  
 Ström mot 185° positiv, ström mot 005° negativ  
 Skraverte områder angir dyp med negativ strömretning

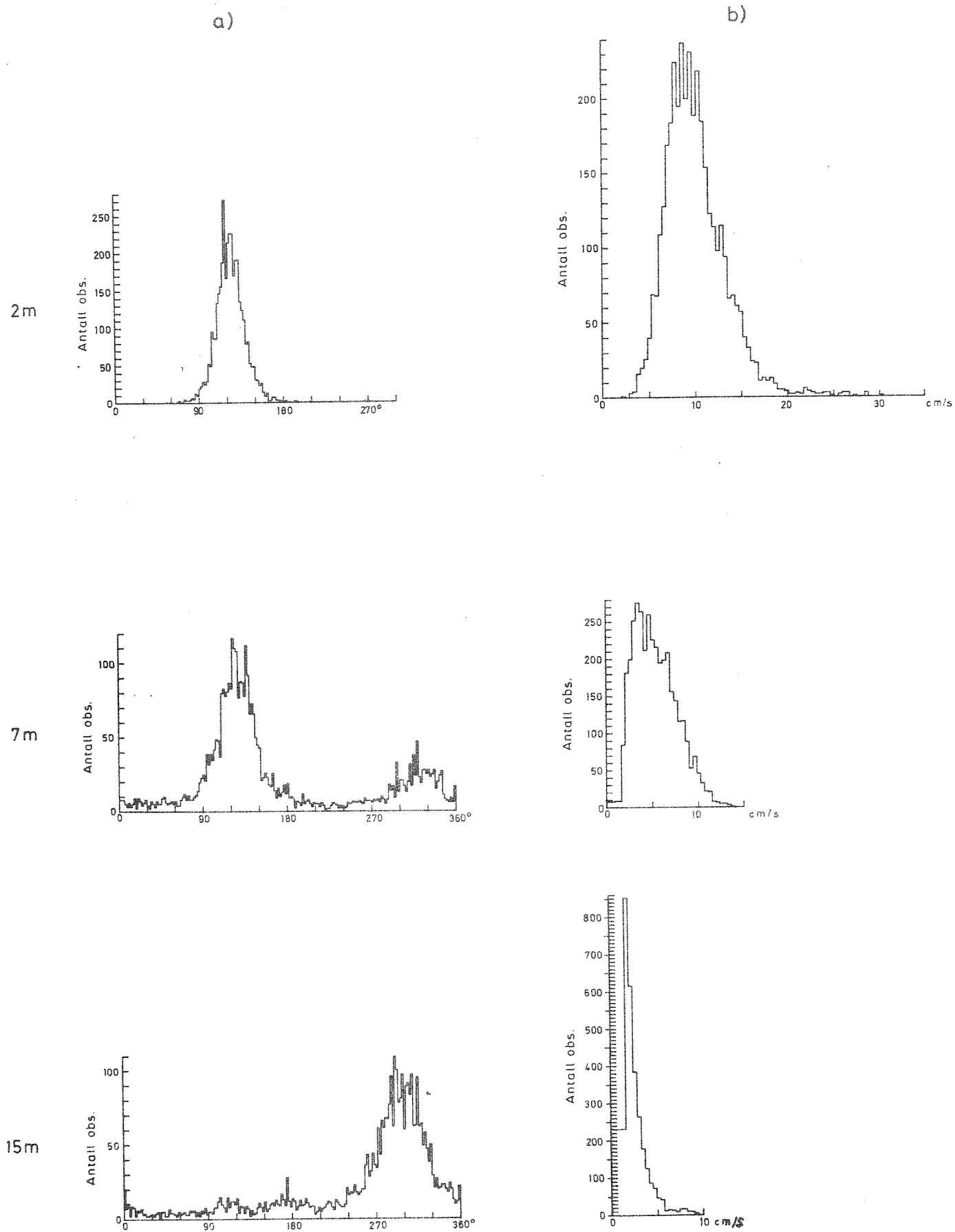


Fig.30 Strömmålinger utenfor Tråk 20/2-18/3 1975

a) Retningsfordeling i sektorer på 2°

b) Hastighetsfordeling i intervaller på 0,4cm/s

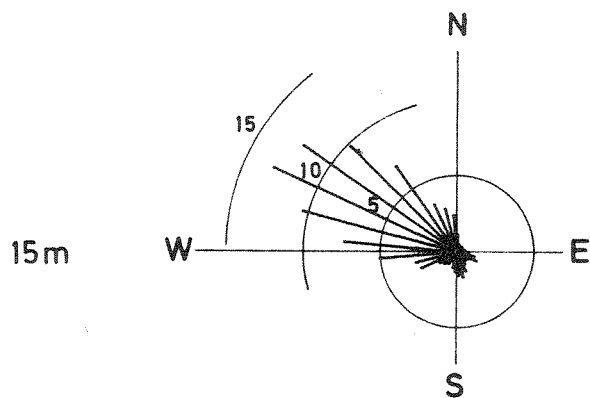
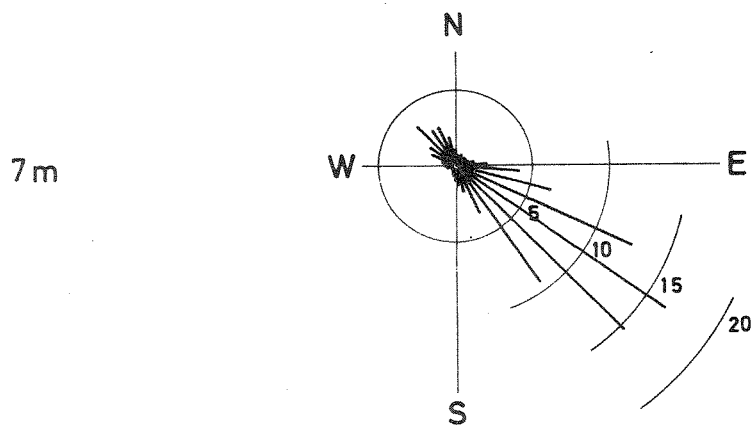
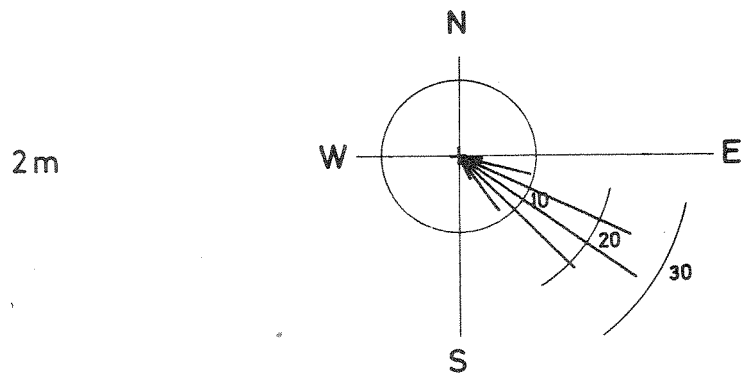


Fig.31 Transport (%) i sektorer på 10° utenfor Tråk, 20/2 - 18/3 1975

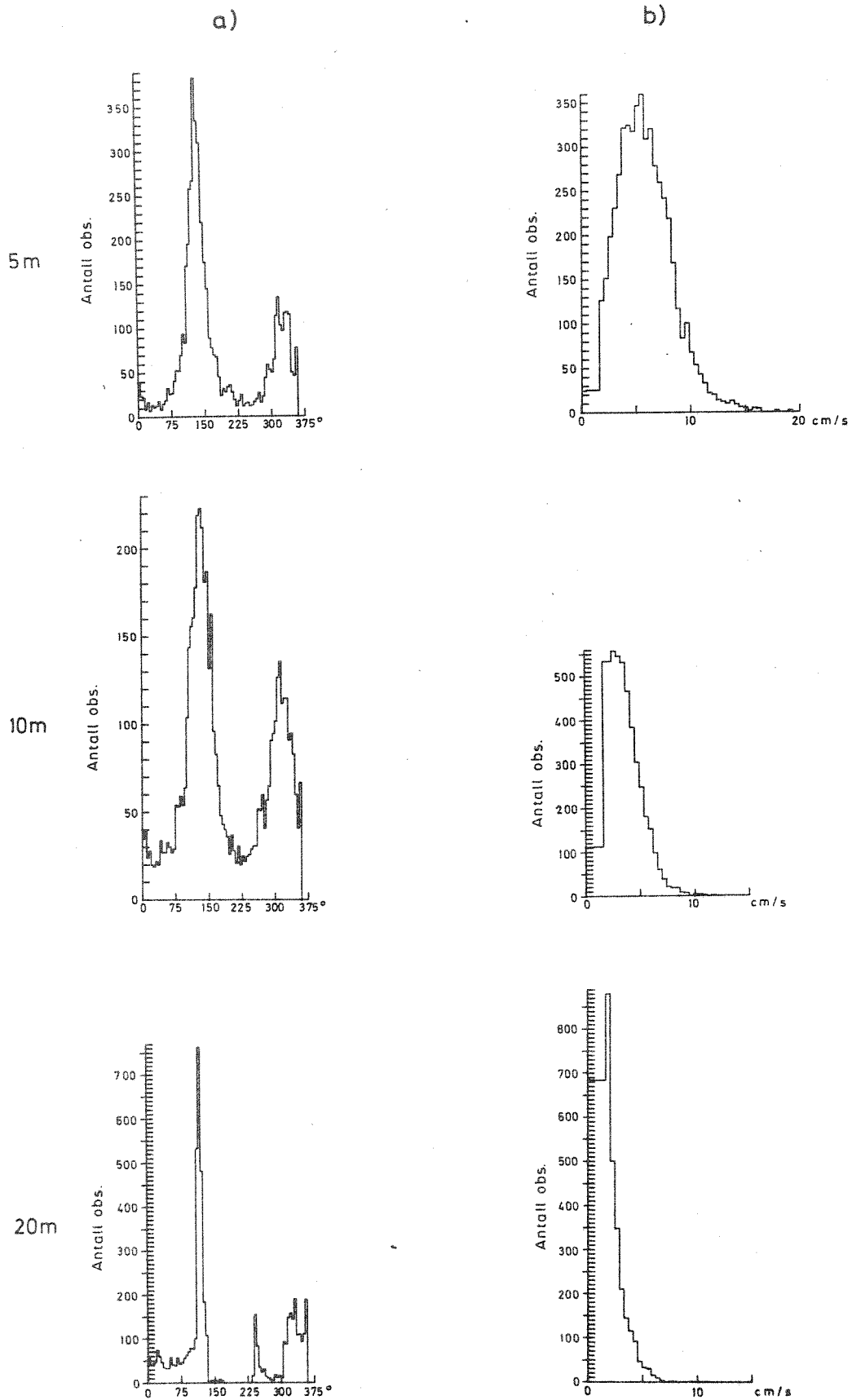


Fig.32 Strömmålinger utenfor Tråk 21/5-26/6 1975

a) Retningsfordeling i sektorer på 5°

b) Hastighetsfordeling i intervaller på 0,4cm/s

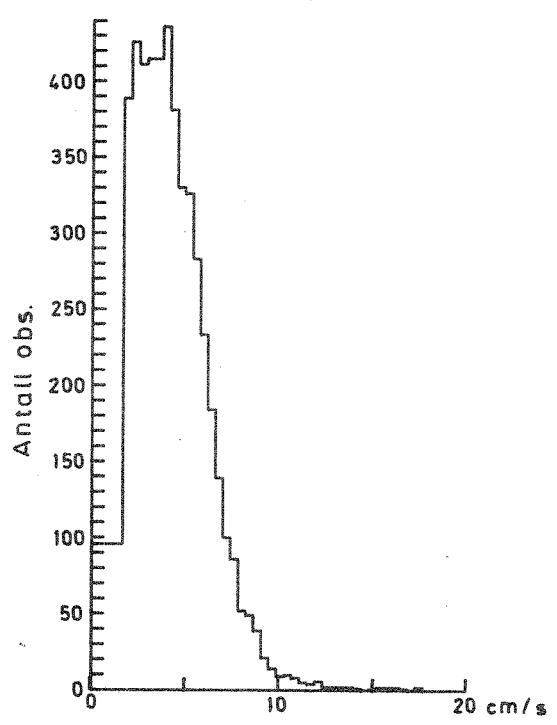
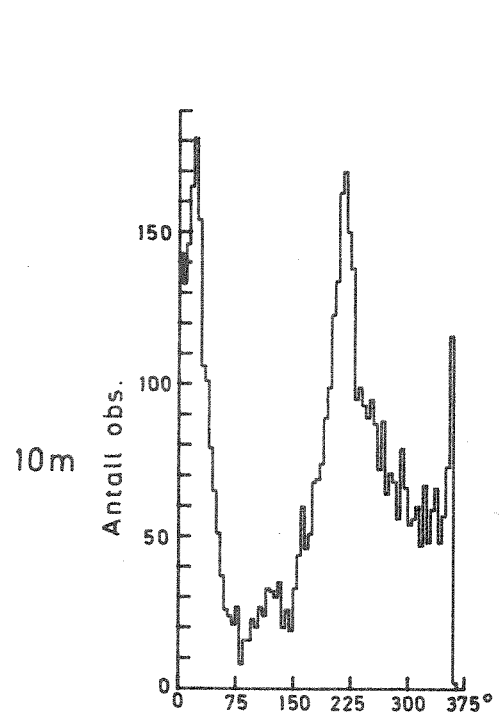
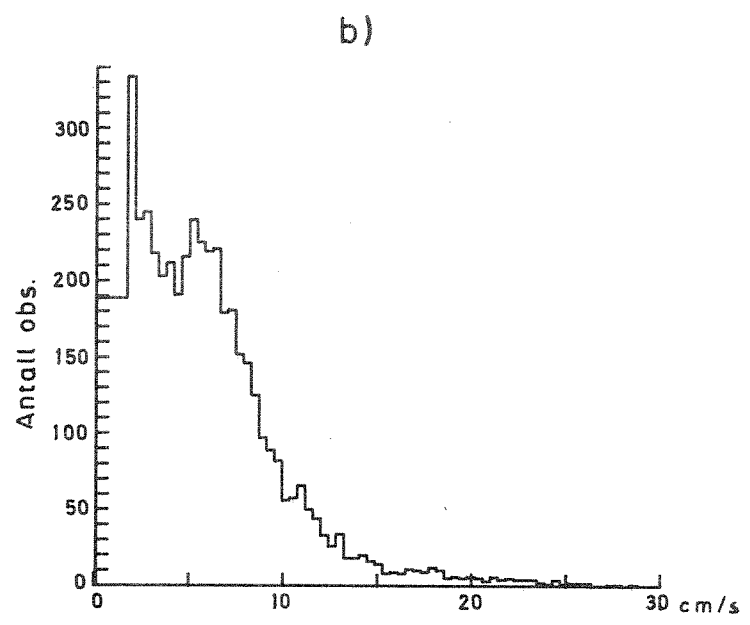
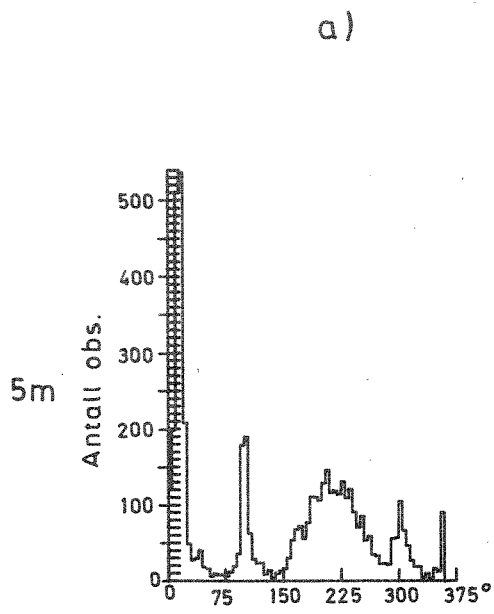


Fig.33 Strömmålinger utenfor Åsstranda 21/5 - 26/6 1975

- a) Retningsfordeling i sektorer på 5°
- b) Hastighetsfordeling i intervaller på 0,4cm/s

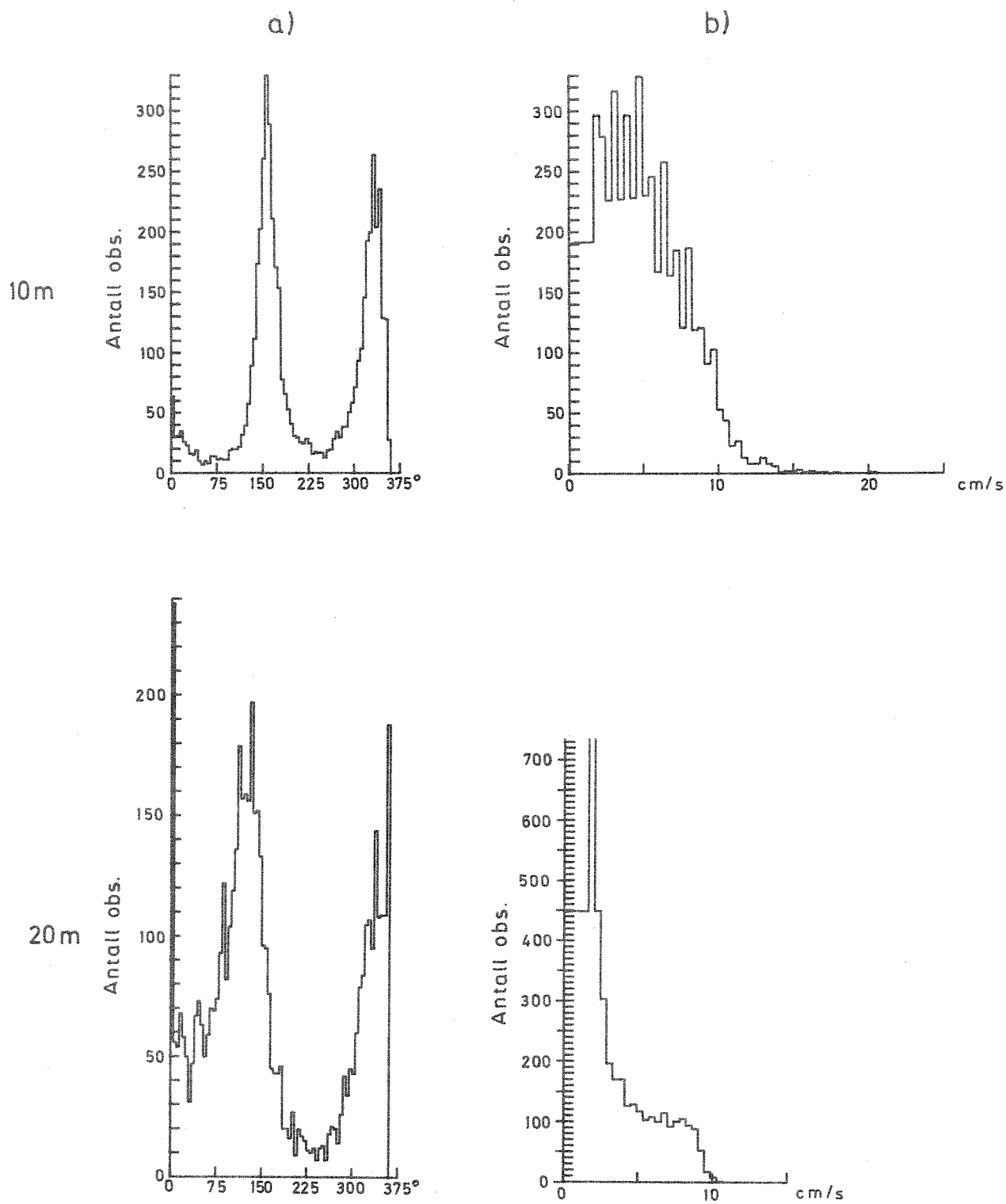


Fig.34 Strömmålinger utenfor Asdalstangen 21/5-26/6 1975

a) Retningsfordeling i sektorer på 5°

b) Hastighetsfordeling i intervaller på 0,4cm/s

Tråk

Åsstranda

Asdalstangen

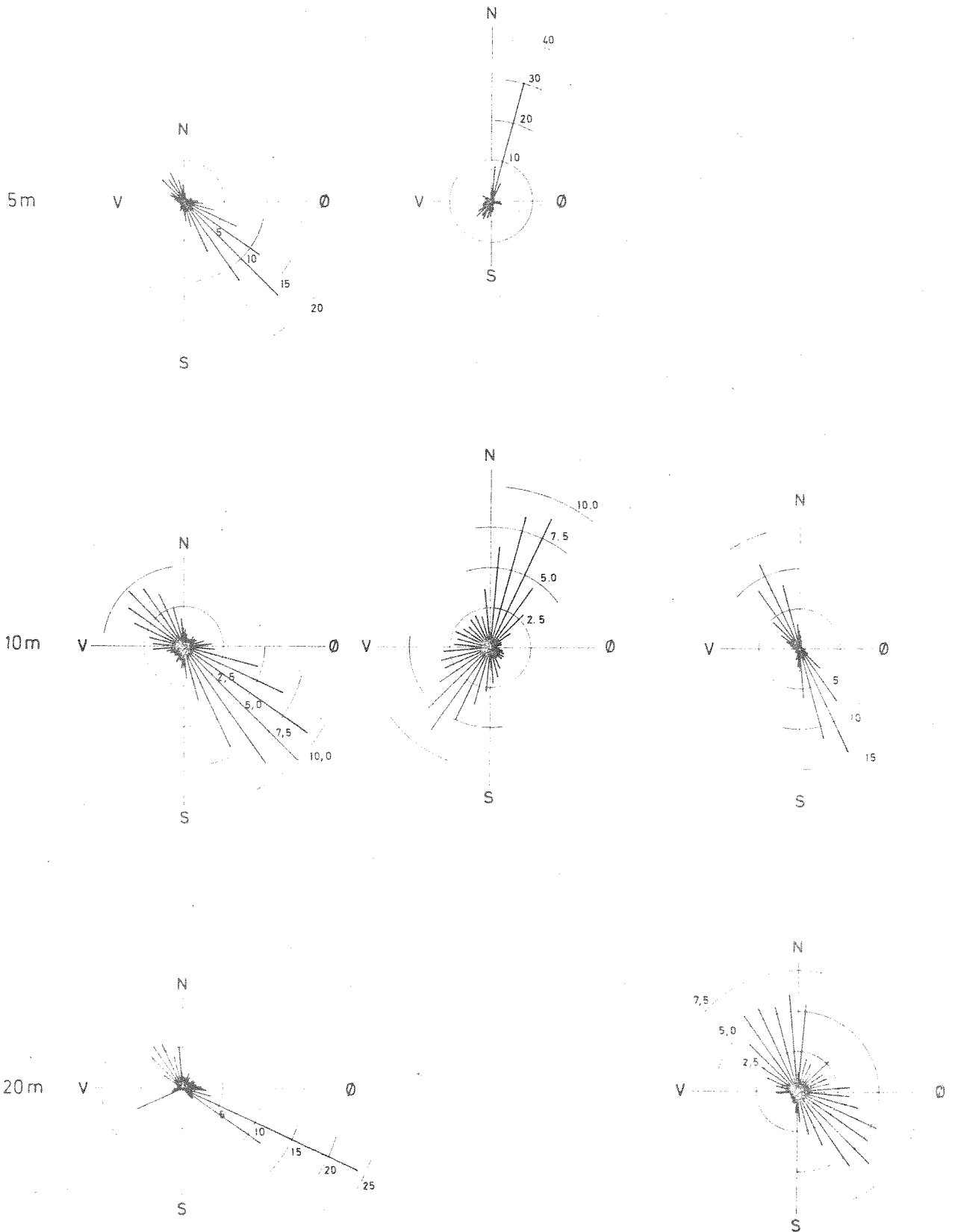


Fig.35 Transport (%) i sektorer på 10° utenfor Tråk, Åsstranda og Asdalstangen 21/5-26/6 1975